

Wm. H. H. H. H.
1928 ~

ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Г. Д. ДУБЕЛИР

ПРОФЕССОР ЛЕНИНГРАДСКОГО ИНСТИТУТА
ИНЖЕНЕРОВ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

ДОРОЖНОЕ ДЕЛО

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

ВТОРОЕ ИСПРАВЛЕННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1928 ЛЕНИНГРАД

ПУБЛИЦИ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

5298 $\frac{6}{62}$

$\frac{11}{4153}$

н/



Н, 60. Гиз № 20811/л.
Ленинградский Областлит № 50922.
14 $\frac{1}{2}$ л. Тираж 4000.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Иван Александрович
1928

ГЛАВА ПЕРВАЯ

МЕСТНЫЙ ТРАНСПОРТ И ДОРОГИ.

§ 1. Значение транспорта в народном хозяйстве. Задача транспорта — перевозки грузов и людей. Транспорт позволяет организовать производство и потребление, т. е. добывать и обрабатывать там, где это всего легче и удобнее, и доставлять продукты производства туда, где они всего нужнее. Транспорт, таким образом, дает возможность распоряжаться производством и потреблением и поэтому является одной из основ хозяйственного строительства.

Развитие транспорта открывает возможность обработки новых земельных пространств в наиболее выгодных условиях. Соединение железной дорогой Сибири с Туркестаном открывает одновременно широкие перспективы для сбыта зерновых продуктов Сибири и для развития хлопководства в Туркестане. Развитие маслоделия в Сибири, льноводства на северо-западе, свекло-сахарной промышленности на Украине, культуры пшеницы на юго-востоке и северном Кавказе связано с возможностями внутреннего и внешнего товарообмена. Использование неисчерпаемых лесных богатств на севере СССР зависит от возможности вывоза гужом, сплавом и по железной дороге дров и строевого леса и перевозки их частью в безлесные южные области и частью за границу. Рост угольной и металлургической промышленности в Донбассе и на Урале зависит в значительной степени от возможности вывоза громадных масс угля, руды и железа и подвоза лесных материалов, машин, продовольствия. Развитие текстильной промышленности в Центральном районе зависит от подвоза сырья и топлива, и т. д.

Связь промышленности с сельским хозяйством осуществляется внутри страны товарообменом города и деревни. Поднятие крестьянского хозяйства требует доставки в деревню средств производства — сельскохозяйственных машин, минерального удобрения и т. д. и продуктов потребления — сахара, ситца, керосина, строительных материалов, а иногда и недостающих на месте хлеба, мяса, рыбы, топлива и т. д. Рост городского населения, неразрывно связанный с прогрессом в области техники и культуры, требует массового подвоза к населенным центрам из бли-

жайших окрестностей и из удаленных областей продовольствия, топлива, строительных материалов. Наконец, грандиозные задачи заселения Сибири, Дальнего Востока, Севера, имеющих пока плотность населения менее 1 — 2 человека на кв. км (против средней для европейской части СССР — 23 чел. на кв. км), требуют в первую очередь прокладки путей сообщения.

Таким образом, экономическое развитие СССР и степень участия СССР в мировом хозяйстве в значительной степени определяются состоянием и развитием транспорта. Обратное, рост хозяйства — производства, распределения и потребления — вызывает распространение транспорта на новые территории и увеличение перевозок грузов и людей.

§ 2. Местный транспорт. Перевозки бывают местные и транзитные. Если пункты отправления и прибытия грузов или пассажиров находятся в пределах одного и того же района, то такие перевозки называются *местными*. Если перевозки только пересекают данную местность, имея пункты отправления и прибытия вне ее, то такое движение грузов и пассажиров называется *транзитным*, по отношению к данному району. Может быть, очевидно, и третий случай, когда в пределах данного района имеется прибытие продуктов потребления, или средств производства, из других областей — это называется *ввозом*, или имеется отправление продуктов производства, предназначенных в другие районы, — такой транспорт называется *вывозом*.

Фактически роль железных дорог, как транспортного предприятия, оканчивается ввозом на железнодорожные станции и вывозом с них, точно так же морское и речное судоходство заканчивает свои операции на пристани. Перевозка от станции железной дороги или с пристани до потребителя, подвоз грузов и людей к станциям и пристаням, равно как и упомянутые выше местные перевозки, и составляют в совокупности работу *местного транспорта*. Каждая тонна зерна, картофеля, шерсти, раньше чем попасть на железную дорогу, должна быть перевезена на колесах или на санях. Строительные материалы, топливо, продовольствие подвозятся с железной дороги, или с пристани, до потребителя также средствами местного транспорта. Поэтому вместе с развитием железнодорожной сети растут и местные перевозки; то или иное состояние путей подвоза к станции обуславливает пределы района тяготения к железной дороге и поступление местных грузов. Только часть грузов (около 10%, железнодорожных перевозок) — как, например, каменный уголь, руда, нефть, некоторые, лесные грузы — минуют местный транспорт, следуя от места добычи до пункта потребления (завод) или вывоза (порт) непосредственно по рельсовым и водным путям. Зато имеется много грузов, которые совсем, или почти совсем, не попадают на железные дороги, как, например, дрова из лесной дачи в окрестные селения, подвоз свеклы и картофеля

с поля на заводы, сена с лугов и соломы с полей в деревню, подвоз овощей, сена, молочных продуктов в город. Таким образом, количество грузов, перевозимых местным транспортом, не меньше, если не больше перевозимых по железным дорогам. Что касается людей, то и здесь на долю местного транспорта приходится значительное количество перевозок; с развитием автомобильного транспорта местные пассажирские перевозки быстро растут (§ 7).

В условиях СССР местный транспорт получает особое значение, вследствие малой густоты железнодорожной сети.

ОБСЛУЖЕННОСТЬ ЖЕЛЕЗНЫМИ ДОРОГАМИ.

(По данным инж. Д. И. Каргина.)¹

	Длина железн. дор. на 100 кв. км территории.	Наибольшее среднее удале- ние села от жел. дор. станции.
Европейская часть СССР	1,17 км	71
Центральная область	1,7 "	55
Украина	3 "	35
Урал	0,7 "	136
Сибирь	0,08 "	1220
С.-А. С. Ш.	4,5 "	23
Германия	12 "	10
Бельгия	36 "	3

По данным проф. В. Н. Образцова, среднее расстояние от жел. дор. для Башкирской автономной ССР 180 км, для Оренбургской губ. 300 км. При таких обстоятельствах местный транспорт служит для целых районов единственным средством пассажирских, почтовых и грузовых сообщений с окружающим миром. Таким образом, если сравнить железнодорожные и водные магистрали с главными артериями грузовых и людских потоков, то от каждой станции и пристани проникают вглубь территории разветвления, по которым средствами местного транспорта обслуживается соби- рание и распределение грузов, перевозка пассажиров и почты.

Так же как и железные дороги, местный транспорт имеет те же основные элементы: 1) *пути* — летом колесные, зимой — санные, 2) *подвижной состав* — конные повозки, сани, пассажирские и грузовые автомобили, автобусы, мотоциклетки. В отличие от железных дорог, средства местного транспорта не объединены в цельные и самостоятельные хозяй- ственные предприятия. Дороги открыты для всеобщего пользования,

¹ Статьи Д. И. Каргина в журнале „Пути сообщения Севера“ за 1919 г. и в 94 Сборнике Ленинградского института инженеров путей сообщения за 1927 г.

содержание их производится иногда государством, иногда местными хозяйственными органами. Подвижной состав распылен по отдельным организациям и частным владельцам. Значительная часть средств (около 85%) гужевого транспорта СССР — около 15 000 000 лошадей, они входят в состав отдельных крестьянских хозяйств и обслуживают не только транспорт, но и сельскохозяйственные работы; в С.-А. С. Ш. имелось в 1926 г. около 22 000 000 автомобилей, также в значительной доле принадлежавших отдельным частным лицам. Однако, за последнее время в Америке железнодорожные компании организовали собственные крупные автомобильные транспорты для доставки грузов со станции к потребителю и от отправителя на станции.

§ 3. Измерители работы перевозок. Работа перевозок измеряется произведением веса перевезенных грузов на расстояние перевозки и исчисляется в тонно-километрах. Напр., работа перевозки полтонны на 12 километров составляет $\frac{1}{2} \times 12 = 6$ тонно-километров. Под словом „работа“ в этом случае, очевидно, подразумевается другое понятие, нежели механическая работа.

Грузонапряженностью дороги, или интенсивностью перевозок, называется количество грузов, перевозимых через данный участок в единицу времени. Так, напр., говорят, что грузонапряженность шоссе *АВ* при подъезде к некоторому городу *А* составляет 12 000 *т* в год по направлению от *Б* к *А*. Грузонапряженность может измеряться *нетто* и *брутто*. Под грузонапряженностью *нетто* подразумевается вес самих грузов, под грузонапряженностью *брутто* — вес грузов вместе с весом (тарой) подвижного состава. При наличии ясно выраженного грузового направления грузонапряженность *нетто* в обратном направлении может быть очень мала или даже равна нулю, грузонапряженность *брутто* будет составлять не менее $(1 - \eta)N_B$, где N_B — грузонапряженность *брутто* в грузовом направлении, η — отношение полезного груза к полному весу повозки с грузом. Иногда грузонапряженность измеряется числом экипажей в сутки, напр., говорят, что густота движения составляет 150 подвод в день, 200 автомобилей в сутки. Такое определение удобно при непосредственных подсчетах густоты движения (см. ч. II), но не является достаточно определенным, если величина нагрузки на подводу неизвестна.

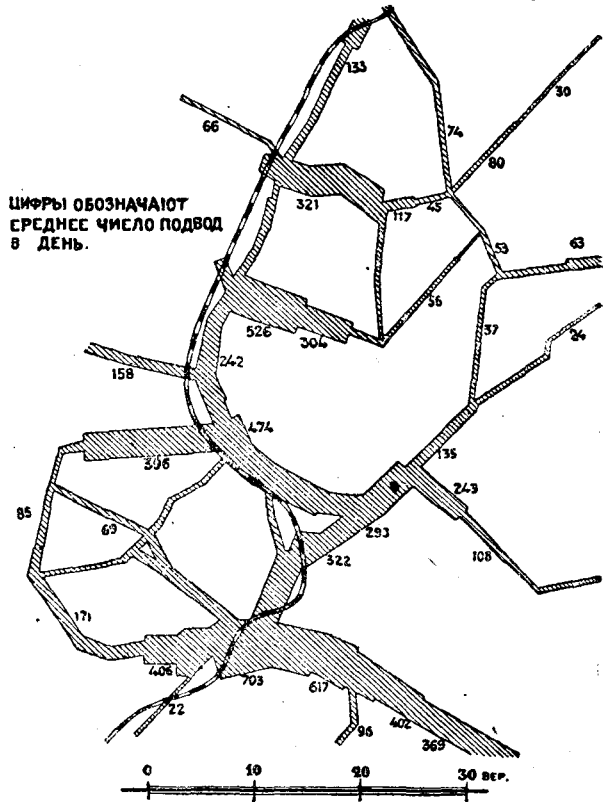
Работа перевозки на данном участке измеряется произведением Nl грузонапряженности N на длину участка l . Так напр., если на дороге длиной 15 км грузонапряженность составляет 12 000 *т* в год, то работа перевозки составит 180 000 $\frac{т \cdot км}{год}$. Очевидно, работа перевозки может исчисляться *нетто* и *брутто*. Если дорога, или сеть дорог, состоит из нескольких участков длиной l_1, l_2, l_3, \dots , с грузонапряженностью N_1, N_2, N_3, \dots , то работа перевозок на всей дороге будет $\sum N_k l_k \frac{т \cdot км}{год}$.

Средней грузонапряженностью всей дороги, или сети, называют отношение

$$\frac{\sum N_k l_k}{\sum l_k} = \frac{\sum N_k l_k}{L}$$

и измеряют ее в тонно-километрах на километр.

Грузонапряженность грунтовых дорог со слабым движением составляет менее 3 000 т. км на км в год, дорог со средним для СССР движением от 3 000 до 30 000 т. км на км в год, шоссе с большим движением свыше 30 000 т. км на км в год. С развитием автотранспорта грузонапряженность некоторых германских шоссе достигла 300 000 т. км на км в год, на некоторых американских шоссе густота движения достигала до 10 000 автомобилей в сутки. Для сравнения укажем, что грузонапряженность магистральных железных дорог нормального типа составляет свыше 800 000 т. км на км, подъездных рельсовых путей 100 000 — 300 000 т в год.



Фиг. 1. Карта грузонапряженности дорожной сети.

Распределение перевозок по сети дорог может быть наглядно представлено в виде карты (фиг. 1), на которой для каждого участка дороги величина грузонапряженности представлена в виде высоты прямоугольника в некотором масштабе. Такая картограмма наглядно представляет схему т. н. *грузовых потоков*. Очевидно, площадь заштрихованной диаграммы пропорциональна полной работе перевозок в данном районе.

Производительность работы подвижного состава измеряется произведением величины полезной нагрузки Γ на пробег с грузом L . Так, напр., подвода с грузом $\Gamma = 0,5$ тонны, с полным суточным пробегом

30 км, из коих $L=15$ км с грузом и 15 обратно порожнем, имеет суточную производительность $GL=0,5 \times 15=7,5$ т.км. Грузовик-при полезном пробеге в 50 км и нагрузке $1\frac{1}{2}$ т делает в сутки 75 т.км. Производительность работы пассажирских автомобилей, напр., автобусов, измеряется, с одной стороны, их пробегом, с другой стороны—работой перевозки пассажиров; так, напр., можно сказать, что автобус при суточном пробеге 110 км совершил работу перевозки 900 пассажира-километров.

Таблица № 1.

Сравнение первоначальных затрат и стоимости перевозок для разных видов сухопутного транспорта.

Род дороги	Первоначальная стоимость устройства 1 км дороги в рублях	Подвижной состав	Подъемная сила подвижного состава в тоннах	Стоимость перевозки за 1 тонно-километр в копейках
Тропа	5 — 150	Человек, несущий груз	0,015 — 0,02	700 — 1000
		Олень	0,03 — 0,05	
		Вьючная лошадь	0,05 — 0,10	
Грунтовая дорога неулучшенная	150 — 1000	Легкая подвода	0,2 — 0,4	50 — 100
Грунтовая дорога улучшенная	1000 — 3500	Подвода со средн. нагрузкой	0,4 — 0,6	30 — 50
Санний путь	—	Сани	0,5 — 0,8	25 — 35
Мостовая или посредственное шоссе	8000—15 000	Одноконная или пароконная подвода	0,5 — 1,2	20 — 25
		Пароконная подвода	0,8 — 2	
Хорошее шоссе	15 000—30 000	Грузовой автомобиль	1,5 — 5	10 — 15
		Грузовой автомобильный поезд	8 — 15	
Рельсовый подъездной путь	25 000—50 000	Поезд узкоколейной жел. дор.	25 — 100	3 — 6
		Поезд ширококолейной ветви	100 — 300	
Магистральная железная дорога	50 000—150 000	Нормальн. товарный поезд	500 — 1000	1 — 1,2
		Тяжелый углевозный поезд	2000 — 4000	

§ 4. Стоимость перевозок. Транспорт требует двух категорий расходов:

а) *первоначальных затрат* на устройство дорог и приобретение подвижного состава,

б) *эксплуатационных издержек* на производство перевозок.

В первой группе характерной следует считать первоначальную затрату на устройство 1 км дороги — полотна, мостов и т. д. Во второй группе — величину x , стоимости перевозки 1 т.км.

$$x = \frac{D}{\Gamma L},$$

где D — суточная стоимость единицы подвижного состава, Γ — величина полезной нагрузки, L — суточный полезный пробег с грузом, ΓL — суточная производительность (§ 3).

Если, напр., для одноконой подводы примем $D = 2$ р. 25 к., $\Gamma = 0,5$ т, $L = 15$ км, то стоимость перевозки

$$x = \frac{D}{\Gamma L} = \frac{2 \text{ р. } 25 \text{ к.}}{0,5 \cdot 15} = 30 \text{ коп. за тонно-километр.}$$

В таблице № 1 (см. стр. 10) даны величины первоначальных затрат и стоимости перевозок для разных типов дорог.

§ 5. Общие принципы экономики транспорта. Рассмотрение таблицы позволяет прийти к некоторым общим выводам, составляющим элементарные принципы экономики транспорта.

1) Чем больше подъемная сила экипажа, т. е. чем крупнее перевозочная единица, тем меньше эксплуатационные расходы, но тем дороже устройство пути, т. е. первоначальные затраты.

2) Чем грузонапряженность дороги больше, тем больше оправдывается переход к мощным единицам и более совершенному устройству пути.

В самом деле, пусть, напр., на дороге длиной 20 км грузонапряженность нетто составляет 100 000 т.км на км в год.

Сравнивая выгодность устройства рельсового подъездного пути и шоссейной дороги, получим:

Род пути	Стоимость постройки дороги	Ежегодные расходы на перевозку
Рельсовый подъездной ширококолейный путь	$20 \times 50\,000 = 1\,000\,000$ р.	$\frac{20 \times 100\,000 \times 2,5}{100} = 50\,000$ р.
Шоссейная дорога, пароконные подводы. . . .	$20 \times 20\,000 = 400\,000$ р.	$\frac{20 \times 100\,000 \times 20}{100} = 400\,000$ р.

В этом случае, следовательно, рельсовый путь окупился бы в 2 года. Если бы грузонапряженность была не 100 000, а всего 10 000 *т* в год, то результаты были бы иные.

Род пути	Стоимость постройки дороги	Ежегодные расходы на перевозку
Узкоколейный подъездной рельсовый путь .	$20 \times 25\,000 = 500\,000$ р.	$\frac{20 \times 10\,000 \times 5}{100} = 10\,000$ р.
Дорога, частью покрытая мостовой, частью грунтовая	$20 \times 5\,000 = 100\,000$ р.	$\frac{20 \times 10\,000 \times 25}{100} = 50\,000$ р.

Рельсовый путь в этом случае окупится не менее, как в 10 лет. Если, однако, учесть кроме постройки пути еще необходимость приобретения паровозов и вагонов и ежегодные расходы на содержание и ремонт рельсового пути, более высокие, чем расходы на содержание и ремонт дороги, то окажется, что рельсовый путь окупит себя не менее как в 20 лет. При таких условиях выгодность постройки железной дороги становится сомнительной.

Изложенный в п. 2 принцип представляет собой частный случай общего принципа, что массовое производство требует большей единовременной затраты капитала, но зато сопряжено с меньшими эксплуатационными издержками на единицу продукта производства.

3) Чем меньше стоимость перевозки 1 *т. км*, тем больше возможная дальность перевозки грузов. В самом деле, если цена 1 *т* продукта, напр. зерна, в месте производства (в селе) C_1 , а на расстоянии L *км* в пункте сбыта (напр., на станции) C_2 , стоимость перевозки 1 *т. км* равна x , то очевидно

$$C_2 - C_1 \geq Lx,$$

$$L < \frac{C_2 - C_1}{x},$$

Отсюда следует, что

4) Улучшение подъездных путей расширяет район тяготения к железной дороге.

5) Чем больше грузонапряженность пути, тем больше возможная дальность перевозки.

§ 6. Особенности местного транспорта. Местный транспорт имеет свою экономическую сферу, отличающуюся от условий работы железных дорог и водного транспорта.

1) Местный транспорт обслуживает пути с малой грузонапряженностью, в СССР до 50 000 *т. км* на *км*, тогда как интенсивность железнодорож-

ного движения на магистральных линиях достигает 800 000 — 1 500 000 *т.км* на километр.

2) Полезная производительность работы единицы подвижного состава местного транспорта очень мала — составляет для подводы 6 — 12 *т.км* в день, а для грузовика 75 — 250 *т.км*, тогда как производительность товарного поезда жел. дор. около 100 000 *т.км* в сутки.

3) Движение конных и автомобильных экипажей по дороге требует сравнительно большой затраты механической работы; так, напр., на передвижение по горизонтальному пути 1 тонны веса экипажа на 1 метр длины пути тратится на шоссе около 30 *кг.м*, а на грунтовой дороге до 70 — 100 *кг.м*, тогда как на передвижение того же груза по горизонтальному рельсовому пути требовалась бы работа всего в 3 — 5 *кг.м*.

4) Малая производительность подвижного состава и сравнительно большая затрата механической работы на его передвижение отражаются естественно дороговизной эксплуатационных издержек на единицу перевозок. В то время как перевозка грузов по железной дороге обходится около 1 коп. за *т.км*, перевозка гужом стоит 20 — 30 коп.

5) Высокая стоимость перевозки имеет, конечно, прямым следствием малые расстояния возки — средняя дальность гужевой возки обычно не превышает 15 — 20 *км*, тогда как на железных дорогах средний пробег грузов 200 — 250 *км*.

Несмотря, однако, на указанную малую интенсивность работы пути и подвижного состава, грунтовые дороги представляют собой сеть, покрывающую всю страну. Общее протяжение грунтовых дорог европейской части СССР исчисляется в 3 000 000 *км*, тогда как протяжение железных дорог около 70 000 *км*, т. е. в 40 раз меньше. Поэтому *общая работа* местного транспорта составляет в тонно-километрах, вероятно, не менее 20 — 30% железнодорожных перевозок, а благодаря большой стоимости перевозки обходятся, в общем, ежегодно в несколько раз больше по сравнению со всем железнодорожным транспортом.

§ 7. Новые перспективы местного транспорта. Переживаемая нами эпоха является моментом величайшего перелома в истории развития местного транспорта — перелома, связанного с заменой конной тяги механическим двигателем. Применение автобусов и быстроходных легковых автомобилей для пассажирских сообщений, грузовиков и тракторов для перевозки грузов — в корне изменяет работу местного транспорта. Пассажирские сообщения становятся срочными и регулярными; по хорошим дорогам скорость автомобилей не уступает скорости пассажирских поездов. Грузовые перевозки делаются значительно более мощными, так как каждый грузовик по своей производительности заменяет не менее 10 конных подвод (§ 3).

Усовершенствование конструкции автомобилей и организация их массового производства имели следствием исключительный по быстроте рост автомобильных сообщений в Америке и Европе. Число автомобилей в С.-А. С. Ш. к 1926 г. достигло 22 миллионов (§ 27). Конный транспорт на дорогах еще в 1909 г. составлял около 60%, к 1925 г. он не превосходил 5%, а в некоторых штатах исчез почти совсем — лошади работают только в сельском хозяйстве и общая численность конского состава в стране начала убывать. Громадное большинство автомобилей (85%) обслуживает пассажирское движение, рост которого соответствует росту числа автомобилей. На дорогах, по которым в 1909 г. проходило менее 300 экипажей в сутки, в 1924 г. прошло 4 000, т. е. густота движения за 15 лет возросла слишком в 10 раз. Пассажирское движение местного транспорта ($175 \cdot 10^9$ пассажиро-километров в год вне городов, а с городским движением $350 \cdot 10^9$) в $2\frac{1}{3}$ раза превосходит перевозку пассажиров железными дорогами ($55 \cdot 10^9$ паровые железные дороги и $20 \cdot 10^9$ электрические). Пассажирское движение на железных дорогах за пятилетие 1920 — 1925 убавилось на 30%. Таким образом автомобильный транспорт становится главным средством пассажирских сообщений страны.

Не так обстоит дело с грузовым движением, грузовая работа автомобильного транспорта составляет не более 4% (а не считая городских перевозок, даже не более 2%) тонно-километров грузовой работы жел. дороги. Это вполне понятно — главную работу железных дорог составляет перевозка малоценных и громоздких грузов — каменного угля, руды, железа, нефти, леса, зерна на дальние расстояния в несколько сот километров. Главная работа автомобильного транспорта заключается в подвозе продовольствия (овощей, молока), строительных материалов (гравия, песка, щебня, строевого леса) из окрестностей к городам или к жел.-дорожн. станциям и отчасти доставка топлива для домашнего отопления от станций к населенным пунктам. Не говоря о том, что эти категории грузов составляют лишь небольшую долю общего количества грузов, перевозимых жел. дор., расстояния перевозки в этом случае составляют не более 30 — 40 км, так как на более далекие расстояния перевозка автомобилем становится слишком дорогой.

В общем, автомобили приняли на себя перевозку пассажиров и грузов на малые расстояния, т. е. именно *местный транспорт*, однако, быстрота развития этого рода транспорта и значение его в хозяйстве и укладе жизни страны возрастают с необычайной быстротой.

Если обратиться к перспективам местного транспорта в СССР, то первоочередной задачей надо считать развитие автобусных сообщений. В С.-А. С. Ш. за 20 лет число автомобилей возросло до того, что каждые 6 человек, т. е. почти каждая семья, имеют автомобиль. Для СССР можно пока задаться более скромным пожеланием, чтобы каждые 600 человек, т. е. почти каждая деревня, имели автобус или автомобиль, для сообщения с волостью, железнодорожной станцией, уездным городом. Обеспечение таких элементарных сообщений будет иметь громадное значение. В Америке дети подвозятся в школу автобусами, это дало возможность укрупнить сельские школы и дать им лучшие здания и учебное оборудование. Санитарное автомобильное сообщение даст возможность лучшего использования больниц и организации врачебной помощи на дому.

Регулярные и быстрые почтовые и автобусные сообщения уменьшат оторванность деревни от города.

Но и в области грузовых сообщений открываются для первых же шагов развития автомобильного транспорта крупные задачи — обеспечение грузовыми автомобилями складов железных дорог, промышленности и кооперации, обеспечение деревни пожарными автомобильными обозами и т. д. Основным результатом роста автобусных и грузовых автомобильных сообщений будут у нас увеличение работы железнодорожного транспорта и усиление его значения для местного населения и хозяйства. При расстоянии от села до станции в 15 км конная повозка может сделать оборот в 8—10 часов, а грузовик в $2\frac{1}{2}$ часа, т. е. сделать за то же время 3—4 оборота. При расстоянии от железной дороги в 30 км для оборота подвода требуется 2 дня, а для грузовика 4—5 часов. Наша железнодорожная сеть с ее малой густотой (средним удалением села от станции в 30—50 км, а в Сибири, Туркестане и еще больше) получит в автомобильном транспорте необходимое дополнение, которого до сих пор не хватало. Население получит большую возможность использовать железные дороги. С другой стороны, увеличится местная работа, т. е. погрузка и выгрузка железных дорог, что поведет к увеличению густоты движения и, в конечном итоге, к удешевлению железнодорожного транспорта. Эти неотложные и крупные задачи требуют, однако, для своего осуществления двух предпосылок: 1) развития отечественного автомобилестроения и 2) приведения дорожной сети в состояние, допускающее возможность непрерывных автомобильных сообщений. В такой постановке развитие дорожного дела становится неотъемлемым звеном развития транспорта, а вместе с тем и всего народного хозяйства СССР.

Литература к главе I. 1) Сборник I и II „Местный транспорт в народном хозяйстве СССР“, Москва, 1924, изд. „Мотор“. 2) Отчет о I Всесоюзном съезде местного транспорта, бюллетени ЦУМТа, № 4 и 5 за 1925 г. 3) Проф. В. Н. Образцов, Экономика местного транспорта и пионерного строительства, вып. I, Моск. инст. инж. транспорта за 1926 г.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ВИДЫ ДОРОГ.

§ 8. Подразделение дорог. Дороги могут быть подразделены на различные группы: 1) по характеру движения, 2) по заведыванию, 3) по устройству дорожной одежды.

По характеру движения различаются: 1) дороги местных сообщений — губернские, уездные, волостные и т. д.; 2) подъездные пути к станциям, пристаням, заводам; 3) полевые и лесные дороги; 4) дороги магистрального значения, в частности, пионерные и стратегические дороги; 5) специальные автомобильные дороги.

По способу хозяйственного заведывания дороги, согласно инструкции ВЦИКа от 1924 г.¹ делятся на пять разрядов:

1) государственные; 2) губернские (и областные); 3) уездные (окружные и кантонные); 4) волостные (районные, участковые и сельские); 5) полевые и дороги специального назначения (заводские, лесные, курортные и др.).

По устройству дорожной одежды дороги могут быть подразделены на: 1) грунтовые; 2) мощеные; 3) шоссейные.

Более подробная классификация дорог, построенная на совокупности технических и экономических характеристик, дана во II части, в § 103.

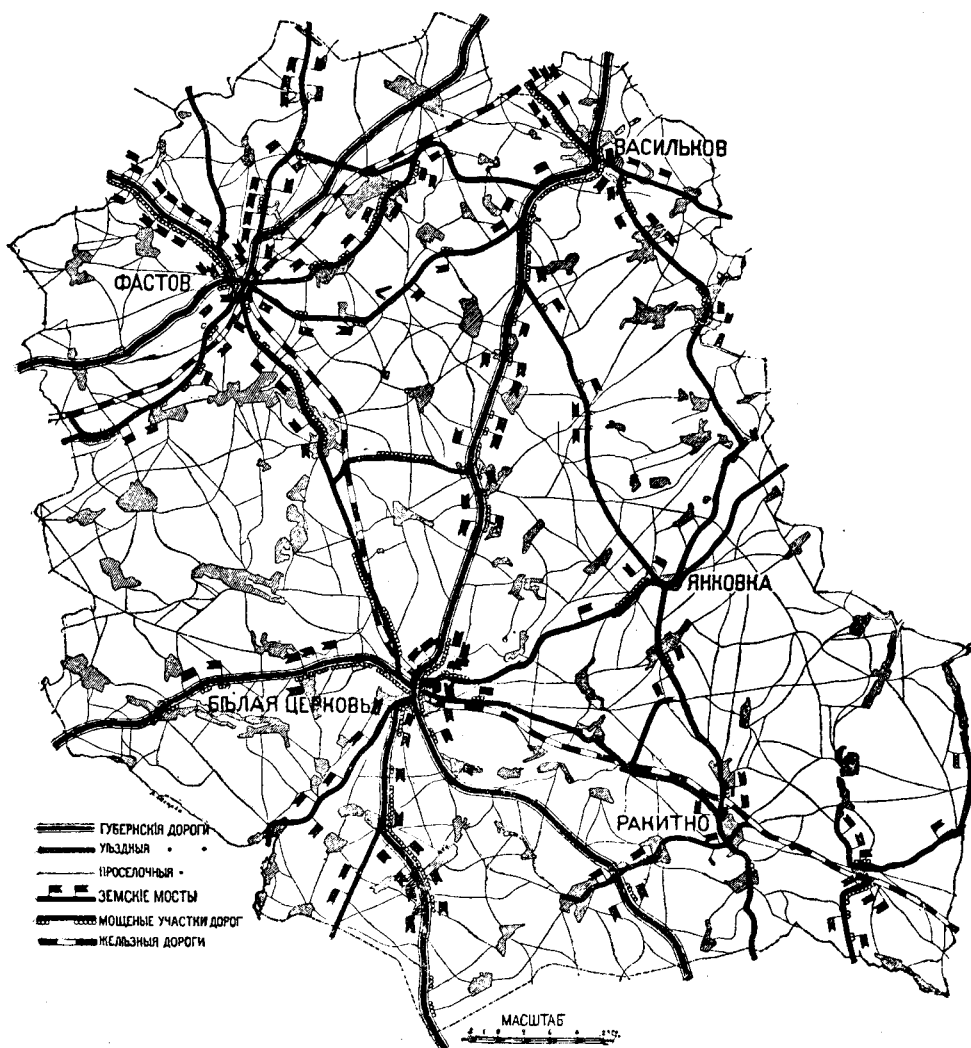
РАЗДЕЛЕНИЕ ДОРОГ ПО ХАРАКТЕРУ ДВИЖЕНИЯ.

§ 9. Дороги местных сообщений обслуживают сообщения между населенными пунктами (городами, волостными центрами, селами) и между районами, губерниями, уездами, волостями и т. д. Фиг. 2 представляет собою типичную карту сети дорог в уезде. В состав этой сети входят:

а) дороги, соединяющие уездные центры между собой и с губернским центром (напр., от Белой Церкви к Василькову и далее на северо-запад к Киеву);

¹ Сборн. узакон., 1924, № 72, стр. 709.

б) дороги, соединяющие крупные населенные и волостные центры (напр., Янковка, Ракитно) между собой и с ближайшими городами (Белая Церковь, Васильков),

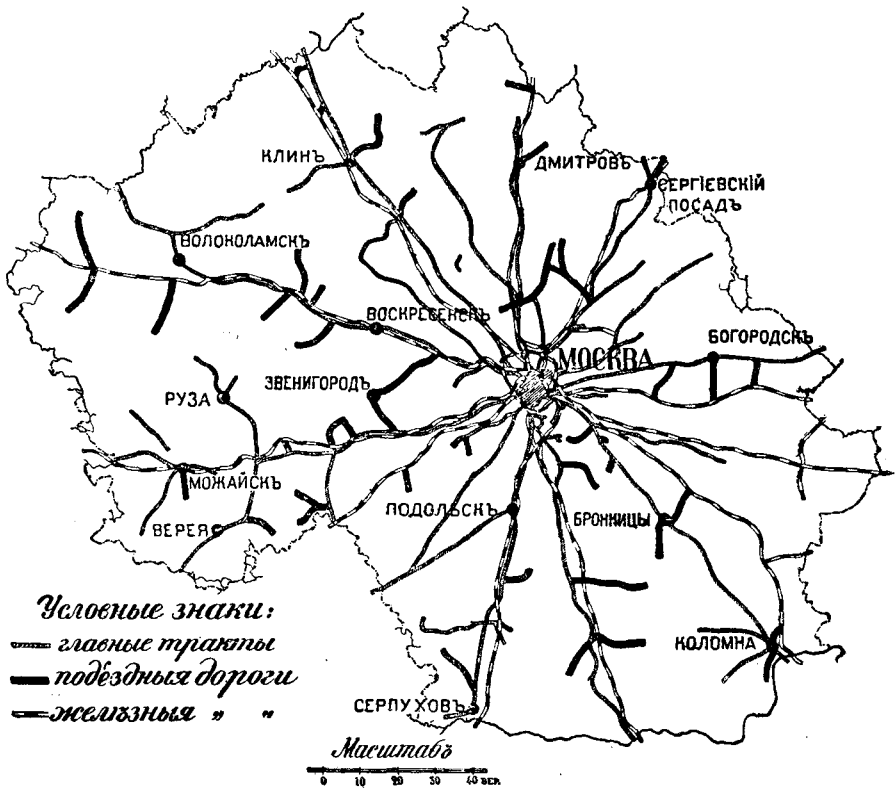


Фиг. 2. Карта уездных дорог.

в) дороги, соединяющие отдельные села и деревни между собой (показаны тонкими линиями), называвшиеся прежде *проселочными* дорогами.

Перечисленные дороги обслуживают прежде всего пассажирские и почтовые сообщения, осуществляющие связь — административную, хозяйственную, общественную между населенными пунктами данного района. Чем

больше население какого-либо пункта и чем больше его административное и хозяйственное значение, тем большее значение имеет сеть прилегающих к нему дорог. От каждого центра эти дороги расходятся лучами в разные стороны, образуя в целом состоящую из треугольников так наз. диагональную сеть основных сообщений (фиг. 2). В эту основную сеть (показанную толстыми линиями) вплетается сеть сообщений еще



Фиг. 3. Дороги Московской губернии.

более местного значения — отдельных сел между собою (тонкие линии). В действительности эта сеть, как можно видеть на фиг. 2, носит бессистемный характер, более или менее стихийно сложившийся в результате проезда. Урегулирование плана этой сети проселочных дорог с доведением ее протяжения до минимума, необходимого для кратчайшей связи населенных пунктов между собой и основной сетью, — дело будущего.

Из основной сети могут быть выделены дороги особо важные, осуществляющие сообщения с главным губернским или областным центром. На фиг. 3 выделены главные тракты Московской губернии (губернские

дороги), лучеобразно расходящиеся к уездным городам от Москвы. На окраинах губернии, где расстояние между лучевыми железнодорожными и шоссейными линиями становится больше, появляются короткие подъездные пути (показанные на карте толстыми линиями).

Описанная сеть дорог имеет большое значение для местных пассажирских и почтовых сообщений — она необходима для того, чтобы врач мог проехать к больному, крестьянин мог добраться до волости или города. Значение это будет возрастать с развитием автобусного и автомобильного сообщения. Что же касается грузового движения, то на большей части этой сети оно не велико. Дороги, имеющие первостепенное значение для связи — напр., губернские тракты, на большей части своего протяжения имеют ничтожную грузонапряженность, несколько возрастающую на участках, непосредственно прилегающих к городам или станциям (см. фиг. 1).

Главным источником грузооборота служит не связь населенных пунктов между собой, а хозяйственная связь данного района со всей страной, осуществляемая через посредство *подъездных путей*.

§ 10. Подъездные пути обслуживают связь района с железнодорожными станциями и речными пристанями. Проведение железных дорог в корне изменило веками сложившийся уклад грузооборота в стране. Местная торговля, концентрировавшаяся раньше главным образом в уездных центрах, теперь стала рассеиваться по станциям железных дорог, а от них проникать в глубь уездов.¹ В связи с этим, значительная часть прежних торговых магистралей губернских и уездных трактов утратила свое значение; наоборот, около железнодорожных станций постепенно выросли и окрепли новые торгово-экономические и промышленные центры, иногда не уступающие по значению уездным городам. В связи с этим, возникла почти около каждой станции целая сеть грунтовых подъездных путей. Эти пути притягивают к себе грузы и пассажиров со всего тяготеющего к станции района, для дальнейшего следования по железным дорогам и обратно; почти весь грузооборот страны проходит часть своего пробега по таким путям. Поэтому подъездные пути и являются, для настоящего времени, *наиболее важным* классом дорог, в развитии и улучшении которых особенно нуждается СССР. (См. таблицу среднего удаления села от станции в § 2 на стр. 7.)

Перевозка грузов гужом стоит дорого и не выдерживает больших расстояний. Поэтому, после некоторого удаления от станции, густота движения начинает быстро падать.

¹ К. Я. Воробьев. Статистико-экономическое исследование дорог Тверской губ., Тверь. 1911, стр. 49.

Обычная длина подъездных путей от 5 до 20 км. В редких случаях (подъезды к городам) длина эта больше и достигает 50 км. Чем железнодорожная сеть гуще, тем короче подъездные пути.

На фиг. 4 представлена сеть подъездных путей, запроектированных в 1918 г. Управлением шоссейных дорог для Донского округа. В *первую*



Фиг. 4. Подъездные пути к станциям и пристаням Донского округа.

очередь намечены были подъезды к станциям с особенно большим грузооборотом, свыше 30 тысяч тонн. На карте заштрихованы районы тяготения грузов, в пределах которых хлеб собирается к данной станции или пристани. В виду исключительно большой интенсивности движения и слабого развития железнодорожной сети, длина этих подъездных путей предположена от 30 до 60 км.

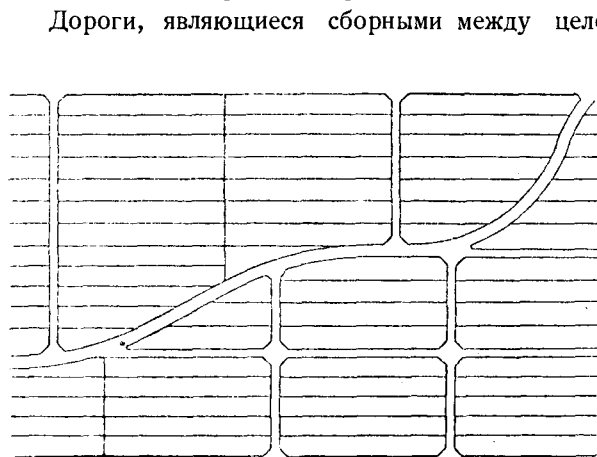
На фиг. 3 представлены подъездные пути к железнодорожным станциям Московской губ. Некоторые участки губернских и уездных дорог могут быть в то же время подъездными путями к станциям. Так, напр., на фиг. 2 Белая Церковь, Васильков и Фастов являются крупными железнодорожными станциями, и прилегающие к ним участки губернских и уездных дорог служат для подвоза к этим станциям зерна, свекловицы и пр. и вывоза с них каменного угля, дров, лесных строительных материалов и пр. Такие участки сети, играющие роль подъездных путей, имеют особо большую грузонапряженность и выделяются этим от остальной сети уездных дорог, имеющей, как было указано на стр. 19, главное значение для пассажирских и почтовых сообщений.

Центром подвоза грузов, кроме железнодорожных станций, могут быть также речные пристани, морские порты, а также города, получающие часть снабжения продовольствием (овощи, молоко), фуражем и дровами из окрестностей. К этой же группе, по характеру движения, следует отнести подъездные пути к заводам, по которым подвозится топливо и сырье и вывозятся продукты производства. К числу подъездных путей с напряженным пассажирским движением следует отнести подъездные пути к курортам, дачным населенным пунктам, лагерям и т. д.

§ 11. Полевые дороги обслуживают сообщения между полевыми участками и складами с.-хоз. продуктов и орудий, т. е. селами, хуторами, совхозами и т. д. Кроме вывоза урожая зерна, по этим дорогам перевозятся солома, удобрение на поля, сельскохозяйственные машины и семена, сено с лугов и т. д., что, все вместе взятое, дает довольно значительный грузооборот; эти же дороги служат для прогона скота и лошадей.

Существующие в СССР полевые дороги представляют беспорядочную сеть первобытных колея, накатанных телегами и вытоптанного скотом. В некоторых местах сеть эта имеет избыточную густоту или ширину отдельных дорог, бесполезно отнимая полезную с.-хоз. площадь. В других местах, наоборот, сеть недостаточна, и провоз направляется кружными и неудобными путями. Вопрос о регулировании и улучшении сети полевых дорог ставится практически на очередь в связи 1) с землеустройством, т. е. происходящим в настоящее время переделом сельских угодий бывших имений и церковных земель, выделением хуторов и отрубов и т. д.; 2) с интенсификацией сельского хозяйства, т. е. переходом от трехполья к многопольному хозяйству, к разведению технических культур — льна, свекловицы, хлопка, к обработке земли машинами; 3) с мелиорацией, т. е. осушением заболоченных лугов и полей, орошением участков, облесением песков и борьбой с оврагами и т. д. Во всех этих случаях, одновременно с землеустроительными и мелиорационными работами, должна быть наме-

чена правильная сеть полевых дорог. На фиг. 5 представлена сеть дорог, обслуживающая правильно разбитые полевые участки.¹



Фиг. 5. Улучшенная сеть полевых дорог.

Дороги, являющиеся сборными между целой системой полевых участков и селом, или вообще центром хозяйства, должны быть более совершенного типа; наоборот, дороги, имеющие назначением только обеспечить доступ к отдельным участкам, должны быть лишь достаточными для того, чтобы по ним могла проехать сельскохозяйственная машина.

На фиг. 5 средняя

извилистая дорога про-

ложена с небольшими подъемами и служит для вывоза урожая в село.

Уменьшение подъемов вывозных путей, улучшение грунтового полотна,



Фиг. 6. Возка сена трактором.

применение тракторной тяги и грузоподъемных повозок (фиг. 6) откроют возможность удешевления с.-хоз. транспорта, а вместе с тем и с.-хоз. продукции.

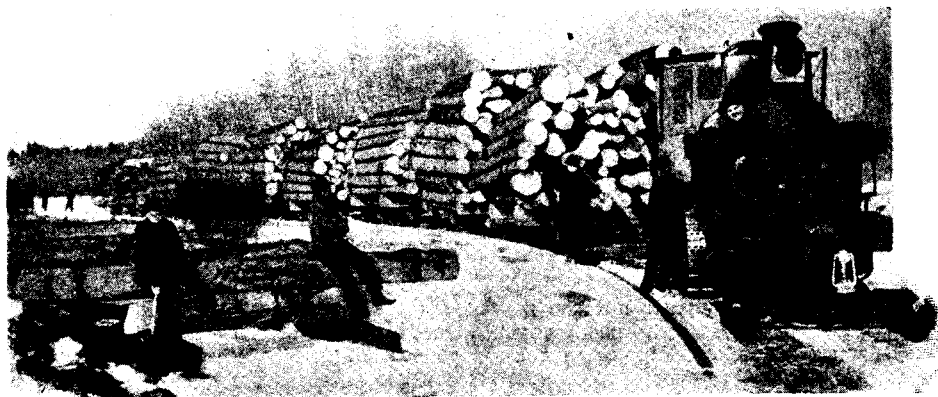
¹ C. Schmidt. Feldwegebau und Feldbereinigung, Stuttgart.

§ 12. Лесные дороги. СССР обладает $\frac{1}{4}$ лесов всего земного шара. Между тем эти лесные богатства до сих пор остаются неиспользованными, либо использованы в ничтожной степени. Около 90% всех лесов остаются до сих пор совершенно необследованными, т. е. почти недоступными для человека. Поэтому одной из первых задач создания рационального лесного хозяйства является проведение сети путей сухопутного и водного транспорта. Часть этих путей должна иметь задачу обслуживать *обследование и осмотр лесов*, т. е. сделать доступными для лесничего все отдаленные уголки лесной области. Эти пути могут быть сделаны в виде лесных троп, позволяющих



Фиг. 7. Тракторная возка по лесной тропе.

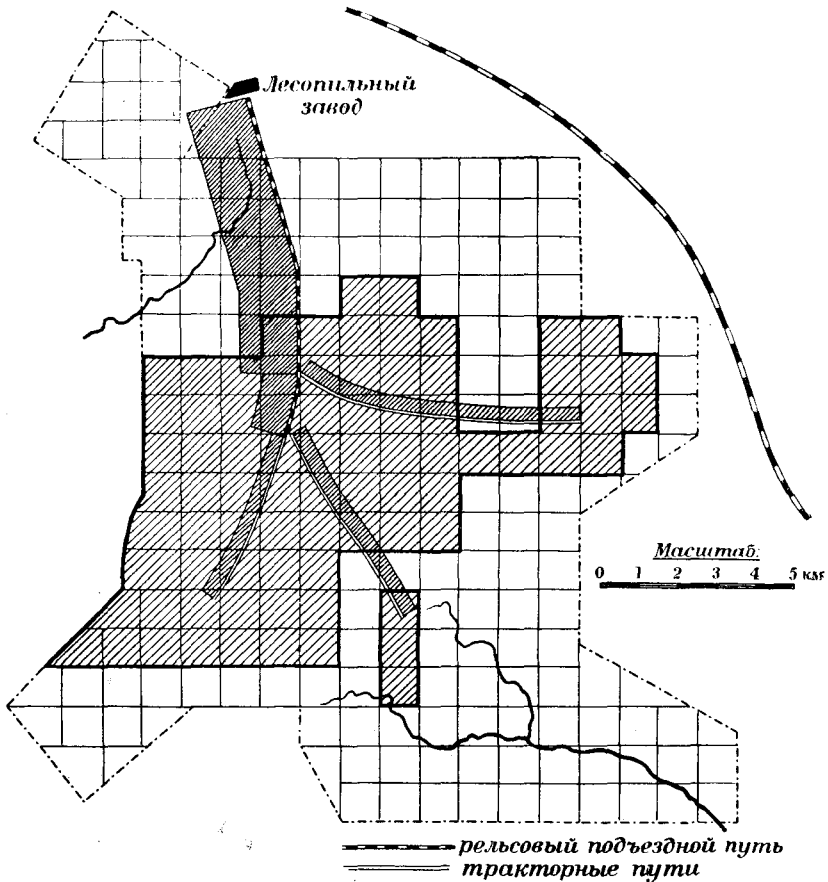
открыть движение с помощью мотоциклеток, легких тракторов (фиг. 7), проложить телефонные линии и т. д. Обследование и таксация отдель-



Фиг. 8. Тракторная возка по ледяной колее при малых подъемах.

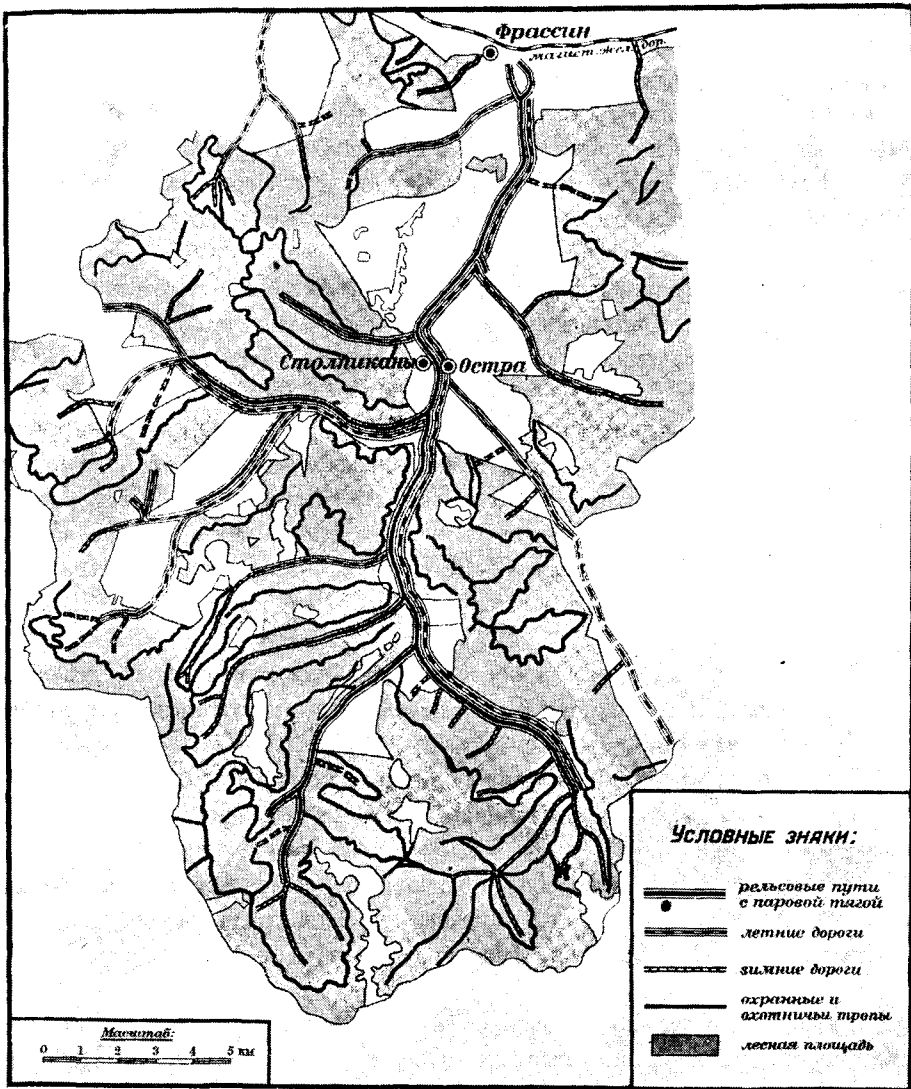
ных лесных площадей, охрана лесов от пожаров и вредителей станут гораздо более реальными при наличии сети таких троп. Вторым типом дорог представляют дороги для *вывоза леса*. В зависимости от интенсивности движения, эти дороги также могут быть различных

типов. Дороги, входящие в глубь отдельных лесных дач, могут быть осуществлены в виде слегка усовершенствованных санных и ледяных путей, достаточных, однако, для прохода тракторных обозов (фиг. 8). Дороги, являющиеся сборными для целой дачи, должны быть построены более



Фиг. 9. Схема грузовых потоков в лесной даче. Вывоз леса к лесопильному заводу; лес разбит на кварталы, отпуск древесины производится только из заштрихованных кварталов. Ширина полос около рельсовых и тракторных путей соответствует грузонапряженности каждого участка пути.

солидно. Наконец, третью группу составляют линии, предназначенные обслуживать *связь с новыми колонизационными опорными пунктами* в лесах, т.-е. дороги, открывающие доступ в глубь лесов населению и обеспечивающие доставку продуктов, доставку машин и инвентаря для лесопромышленных заводов и связь этих новых колонизационных промышленных поселков с центром.



Фиг. 10. План разного рода лесовозных путей в лесной даче.

При проложении лесных дорог в основу должен быть положен план лесного хозяйства, т.е. разделение лесной дачи на кварталы, и предположения о распределении ежегодного отпуска леса из отдельных кварталов, в соответствии с возрастом леса, состоянием насаждений, породой и т. д. На основании такого плана лесного хозяйства может быть составлена схема грузовых потоков по вывозу леса (фиг. 9) и намечена общая система транспорта леса (фиг. 10), принимая во внимание, что:

1) везде, где возможно, для вывоза леса должны быть использованы сплавные водные пути;

2) на сухопутных участках с достаточно интенсивной грузонапряженностью может оказаться экономически выгодным устройство рельсовых узкоколейных или ширококолейных путей;

3) остальные участки могут быть устроены в виде сети подъездных путей (фиг. 10), частью только зимних для санного вывоза, частью годных и для летнего колесного пути;

4) при определении густоты этой сети необходимо считаться со способом и стоимостью подтаскивания срубленных хлыстов к дороге — волоком по земле лошадьми, на подсанках, канатной тягой при помощи лесотасок и т. д.

§ 13. Магистральные дороги. В прежнее время, до постройки железных дорог и телеграфа, дороги, соединявшие большие города, а также центры страны с окраинами, обслуживали пассажирское сообщение, перевозку грузов, почту, административные сношения и передвижение войск. Примерами таких дорог были С.-Петербургско-московское шоссе, Московско-харьковское, Псково-рижское, Большой сибирский тракт, Военно-грузинская дорога и др.

С постройкой железных дорог перевозка по ним грузов сделалась во много раз быстрее и дешевле, нежели перевозка гужом по шоссе и грунтовым дорогам.

Скорость передвижения грузов по железным дорогам, считаясь с простоями товарных вагонов на станциях, составляет в среднем 100 — 200 км в сутки.

Между тем скорость перевозки на лошадях составляет не более 30 км в сутки; перевозка гужом от Москвы до Ленинграда потребовала бы, следовательно, 20 — 30 дней. Еще более велика разница в стоимостях перевозки.

Провозная плата по железным дорогам, включая тарифную ставку, станционные расходы по нагрузке и выгрузке, дополнительные сборы, составляет, в зависимости от расстояния и рода отправки (поштучные, повагонные грузы):

для леса, дров	1 — 2 коп. за тонно-километр.
„ сена, соломы	1 — 3 „ „
„ хлеба в зерне, муки . .	2 — 3 „ „
„ металлических изделий	3 — 6 „ „
„ бакалеи, сахара	5 — 8 „ „

Перевозка гужом обходится гораздо дороже. В § 4 было указано, что, при средних условиях, стоимость перевозки составляет 25 — 50 коп.

за *т.км.* Данные о фактической стоимости перевозки грузов потребительских обществ, заводов и т. д. подтверждают эти цифры. Стоимость перевозки гужом, таким образом, обходится в 10 — 20 раз дороже, нежели по железной дороге. Поэтому в Европейской части СССР дальность перевозки гужом определяется густотой рельсовой сети и в общем случае не превосходит 30 — 50 км (§ 4).

В Сибири и на юго-востоке гужевым подвозом приходится пользоваться и на большие расстояния, но и там, несмотря на дешевизну фуража и санный путь, он обходится довольно дорого, как видно из следующей таблицы:

Стоимость гужевых перевозок по данным Наркомвнуторга за 1925 г.¹

Учреждения	Расстояние перевозки в километрах	Цена перевозки за 1 <i>т.км.</i>
Уральский губсоюз	300	16
	500	13
Кирторг	600	11
	120	20
	360 — 500	10
Акмоп. Петроп. трансп. о-во.		
Ценные грузы	360	20
Малоценные грузы	360	8

Таким образом, даже для высоко-ценных продуктов, как, напр., бакалея, мануфактура, меха, кожа, стоимость перевозки гужом, при самых благоприятных условиях (санный путь, дешевый фураж), обходится все же по крайней мере вдвое дороже, чем по железной дороге. Зато для малоценных продуктов, как, напр., лес, руда и даже хлеб, стоимость перевозки гужом на расстояния свыше 50 — 100 км легла бы настолько крупным накладным расходом на цену самого продукта, что массовые перевозки таких грузов были бы неосуществимы.

Этим и объясняется тот факт, что все сквозное (транзитное) грузовое движение перешло на рельсовые магистрали, а на шоссейных и грунтовых дорогах остались только *местные перевозки*, обслуживающие подвоз грузов и пассажиров к отдельным пунктам, расположенным вдоль дороги.

¹ Бюллетень ЦУМТа, № 3, за 1925 г.

Так, напр., на Московско-ленинградском шоссе, по данным за 1924 — 1925 г.,¹ движение составляло:

Расстояние от Москвы в километрах	Пункты	Среднее суточное число за год	
		подвод и конных экипажей	автомобилей
8	Гор. Москва, Петровск. парк . .	1372	180
11	Путепровод Винд. ж. д.	569	33
31	Черная Грязь	340	4
61	Подсолнечное	304	2
80	Клин	436	0
100	Спас	194	1
127	Мелково	70	0
160	Тверь	616	3

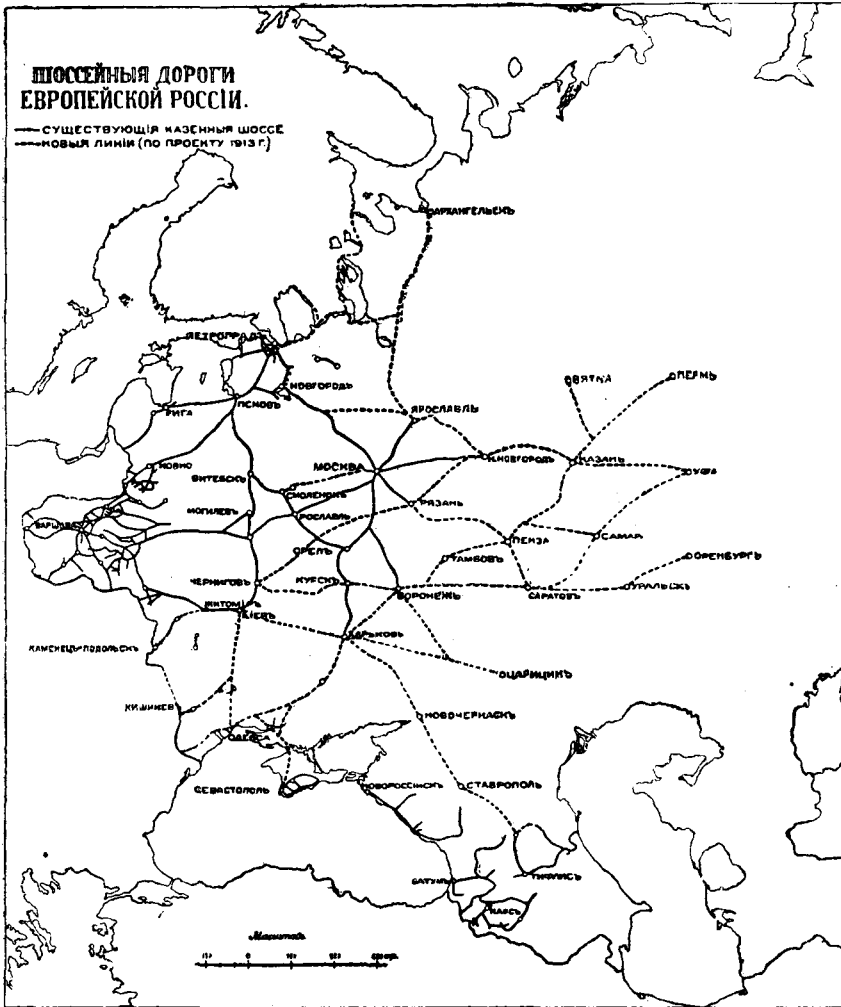
Несомненно, что 70 — 190 подвод, проходящих между Клином и Тверью, представляют собой не сквозное движение между Ленинградом и Москвой, а местное сообщение Московской или Тверской губ. Возрастание движения около городов Клина и Твери ясно подчеркивает этот местный характер. Таким образом, многие дороги, бывшие когда-то магистральными государственными сообщениями, в настоящее время фактически обслуживают преимущественно местное движение на отдельных участках. Но некоторые из этих дорог, в силу местных условий, сохраняют значение магистралей и в настоящее время — таково, напр., Военно-грузинское шоссе (стр. 85), соединяющее северный Кавказ с Тифлисом и Грузией, имеющее транзитное, а не местное значение.

В 1913 г. б. министерством путей сообщения был составлен проект целой сети (около 14 000 км) магистральных линий в восточной части Европейской России, в дополнение к существующим шоссе (фиг. 11). Однако, вскоре правительство отказалось от этого плана, расходы на осуществление которого исчислялись в 250 000 000 р.; было признано более целесообразным в первую очередь улучшить отдельные подъездные пути (см. § 10), а не магистрали.

В настоящее время с развитием автотранспорта вновь возникает вопрос о возможности пассажирских дальних сообщений по магистральным шоссе-ным дорогам (фиг. 2). В С.-А. С. Ш. намечаются маги-

¹ Методы и практика непосредственного текущего наблюдения в гужевой статистике, изд. ЦСУ, Москва, 1926 г.

стали в роде дороги имени Линкольна, соединяющей Нью-Йорк и Сан-Франциско, т. е. прорезывающей весь континент от Атлантического до Тихого океана. Техническая возможность дальних автомобильных сообщений в наших условиях проверена опытом больших всесоюзных авто-

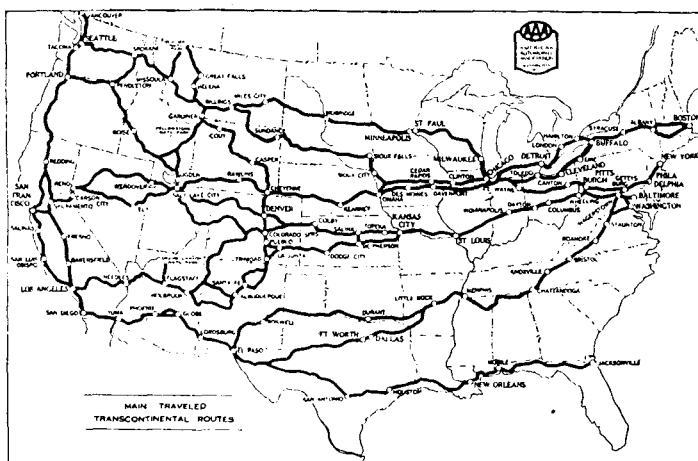


Фиг. 11. Сеть магистральных шоссе по проекту 1913 г.

мобильных пробегах, в частности, пробегом Ленинград — Тифлис и обратно в 1925 г. (стр. 93, фиг. 66). Эти новые задачи получили отражение в резолюции, принятой на I Всесоюзном съезде местного транспорта в 1925 г., по докладу инж. В. А. Гайдука „Принципы составления плана дорожного строительства“:

„Строительство дорог с каменной одеждой должно носить двойкий характер: а) строительство *основных магистральных дорог*, для возможности создания в дальнейшем сети шоссированных путей, б) строительство *подвездных путей* как к станциям железных дорог, к портам, речным пристаням, так и к городам и крупным населенным пунктам.

Создание основных шоссейных магистралей во всех экономически сильных областях СССР (Донбасс, Иваново-Вознесенский район, Северо-Кавказский край и др.) в условиях, аналогичных тем, в которых находятся магистральные улицы в городе, подвергающиеся замощению в первую очередь, должно быть признано очередной задачей.



Фиг. 12. Трансконтинентальные шоссейные магистрали в С.-А. С. Ш. (Проект)

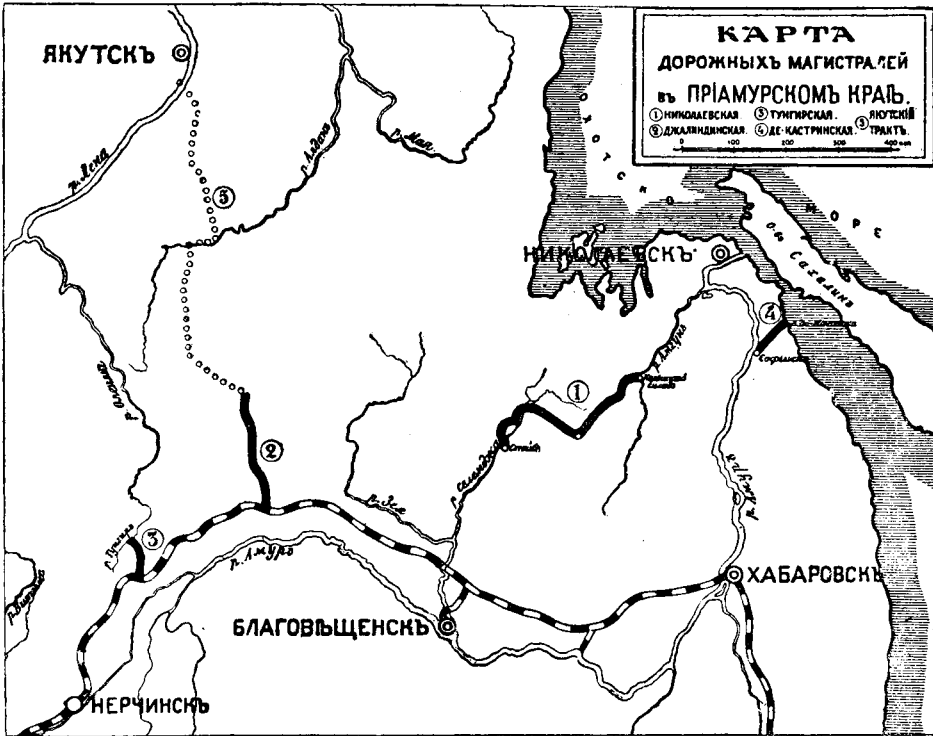
Не менее важным представляется связать между собой при помощи магистралей отдельные шоссированные подъездные пути и привязать отдельные сети шоссированных дорог (Подоллия, Крым, Кавказ) к центральной сети.

§ 14. Пионерные дороги. На далеких окраинах, где густота рельсовой сети мала, отдельные линии могут иметь значение магистралей, обслуживая целые области, лишенные других сообщений. Такова, например, вновь выстроенная в 1916—1917 гг. в Дальневосточной области Николаевская магистраль (фиг. 13), длиной 500 км, соединяющая, при посредстве речных систем,¹ Благовещенск с Николаевском на Амуре и обслуживающая громадный золотопромышленный район. Таков проек-

¹ Р. Амгуни, притока р. Амура, и р. Селемджи, притока р. Зеи (см. карту); длина сухопутного соединения (от Кербинского склада до Стойбы) 500 км, полное расстояние от Николаевска до Благовещенска 1420 км.

тируемый Якутский тракт (фиг. 13), представляющий кратчайшее соединение чрезвычайно богатой, но почти недоступной, Якутской области с железной дорогой.

Очевидно, что такого рода магистрали обслуживают целый край, в экономическом подъеме и развитии которого заинтересовано *все государство*, поэтому естественно постройку и содержание таких дорог относить на общегосударственные средства, а не на средства местного населения окраин, по большей части редкого и бедного.

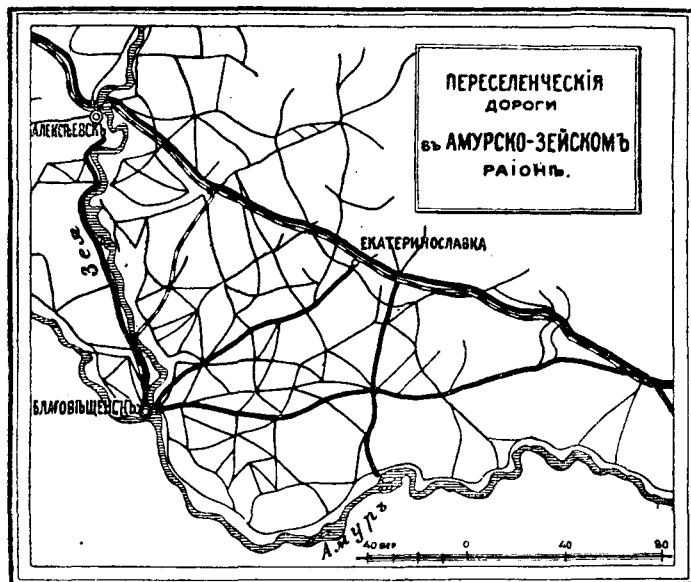


Фиг. 13. Пионерные дороги в районе золотых приисков Дальне-Восточной области.

Линии, подобные описанной Николаевской магистрали, называются *пионерными* дорогами; задачей таких дорог является проникновение в глубь новых областей, использование новых богатств природы — лесов, пушнины, фауны, ископаемых, развитие колонизации и проч.

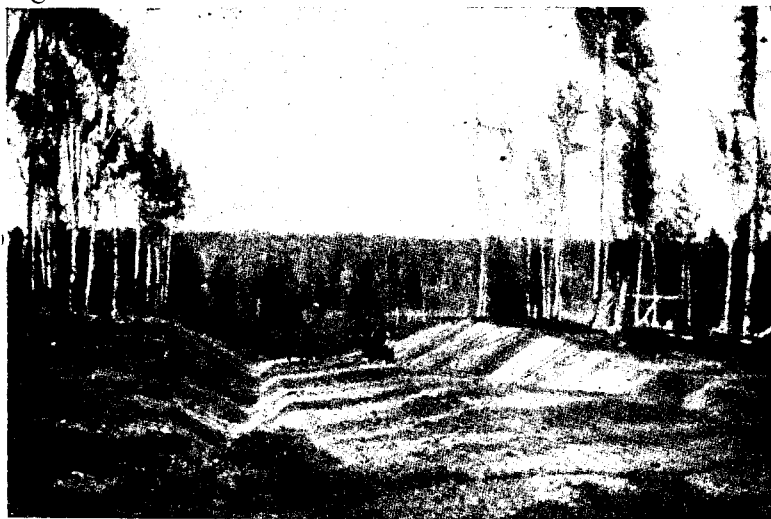
Необыкновенные горные богатства Восточной Сибири, Алтая, Кавказа и Урала остаются недоступными, вследствие почти полного отсутствия путей сообщения. Постройка железнодорожных линий в таких случаях не всегда может осуществиться вследствие того, что грузооборот недостаточно велик, чтобы оправдать расходы по постройке рельсового пути;

поэтому, во многих случаях, надо начинать с постройки дорог. Так, например, разработка в Забайкалье богатых залежей очень редкого минерала вольфрама стала возможна лишь после прокладки дороги к месторождению, находящемуся среди гор и болот, в 70 км от железной дороги. Широкая добыча золота, месторождения которого разбросаны почти по всей громадной территории Восточной Сибири, делается возможной лишь после прокладки в тайге целой сети дорог, дающих возможность завезти продукты для рабочих, орудия и машины для промыслов и т. д.

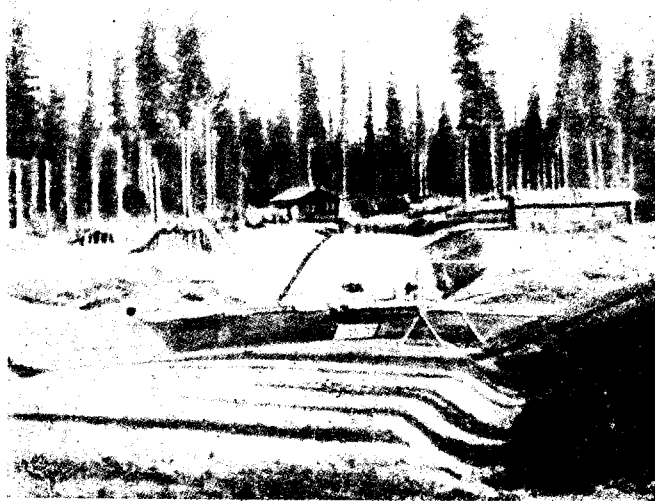


Фиг. 14.

В начале вовлечения таких областей в хозяйственный оборот страны, высокий размер издержек по перевозкам (фрахты) не имеет решающего значения. Важно как можно скорее создать первые организованные потоки грузов и людей, устанавливающие связь новых областей с остальной страной. Поэтому первые пути могут быть сделаны примитивного характера в виде троп, санного пути, грунтовых дорог и проч. Лишь постепенно пути эти могут совершенствоваться, переходя от тропы к грунтовой дороге, от грунтовой дороги к шоссе и т. д. и создавая вдоль путей все более и более развитые опорные хозяйственные и колонизационные пункты. Главное внимание сначала должно быть обращено на интенсификацию типов подвижного состава, т. е. важно как можно скорее перейти от вьючных лошадей хотя бы к легким автомобилям и тракторам, от них к типам более мощным, доходя постепенно до единиц большей подъемной силы и скорости.



Фиг. 15. Переселенческие дороги в Томском округе (выемка на предельном спуске).



Фиг. 16. Переселенческие дороги в Томском округе (выемка на подъездах к парому).

Широкое использование местных богатств требует прокладки не только пионерных магистралей, но еще и специальных *промышленных* и *переселенческих* (колонизационных) дорог.

Переселение составляет одну из важных государственных задач настоящей эпохи. Первым шагом в деле переселения является прокладка в новых районах сети дорог (фиг. 14), дающей возможность открыть новые участки и обеспечить для переселенцев возможность доставки предметов первой необходимости, вывоза продуктов, обучения детей, пользования больницами, сельскохозяйственными машинами и пр. Очевидно, постройка и содержание переселенческих дорог является целиком задачей государственной. За десятилетие 1903—1913 гг. Переселенческое управление проложило в Сибири до 15 000 км грунтовых дорог (фиг. 15, 16).

Наркомземом РСФСР на период 1926—1936 гг. намечена постройка 80 000 км колонизационных дорог, преимущественно в Сибири, на Дальнем Востоке и на Урале.

§ 15. Стратегические дороги строятся вблизи границ государства и предназначаются для задач передвижения и снабжения армий. Значение хорошо устроенных дорог для войны громадно. Известно, что успех отдельных операций зависит от возможности быстро сосредоточить массу войск в том или другом пункте и от своевременного подвоза орудий, снарядов и средств снабжения армий.

Стратегические дороги устраиваются частью в мирное время для подготовки к обороне пограничной полосы, частью во время войны, в связи с оперативными заданиями. В мирное время строятся прочные шоссейные дороги, в военное время приходится главным образом иметь дело с устройством переправ через реки, иногда в виде мостов постоянного типа или временного, иногда в виде наплавных мостов и с улучшением на отдельных участках существующих грунтовых путей, или быстрой прокладкой новых (напр., по болотам, в лесах, в горах).

В зависимости от расположения, стратегически дороги делятся на:

- а) *тыловые* (колонные или маршевые), предназначенные для движения войск и их обозов в тылу, за фронтом боевых столкновений, включая сюда и пути отхода;
- б) *военные дороги* — для подвоза к войскам с тыла всего необходимого и отвоза излишнего (эти дороги доходят до места нахождения штаба корпусов);
- в) *пути подвоза* — (позиционные дороги), ведущие к войсковым соединениям и войсковым частям.¹

Все эти дороги должны быть заблаговременно приводимы в состояние, соответствующее размерам ожидаемых перевозок; в особенности важной является достаточная ширина.

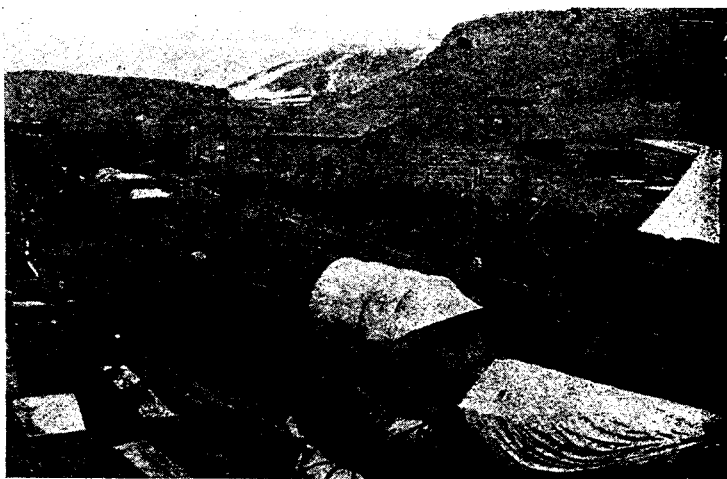
На фиг. 17 представлено стратегическое шоссе Сарыкамыш—Караурган, служившее во время войны прямым и единственным продолжением стратегической железной дороги Тифлис—Каре—Сарыкамыш. Все движение с железной дороги переходило на шоссе и достигло в 1916 г. необычайных размеров, до 6 000 под-

¹ Н. Коханов, «Войсковое инженерное дело; сухопутные сообщения». Москва, 1926 г.

вод, автомобилей и грузовиков в сутки. Был день, когда у Сарыкамыша скопилось до 30 000 экипажей. Для такого движения необходимо иметь дорогу на 4 колеи (т. е. всего 10 м) — две колеи для грузовиков и две для повозок.

В кампанию 1914 — 1917 гг. была выстроена большая сеть военных дорог временного типа как в самом районе военных действий, так и в глубоком тылу, обслуживавшая целый ряд маршрутов для движения войск и тыловых сообщений.

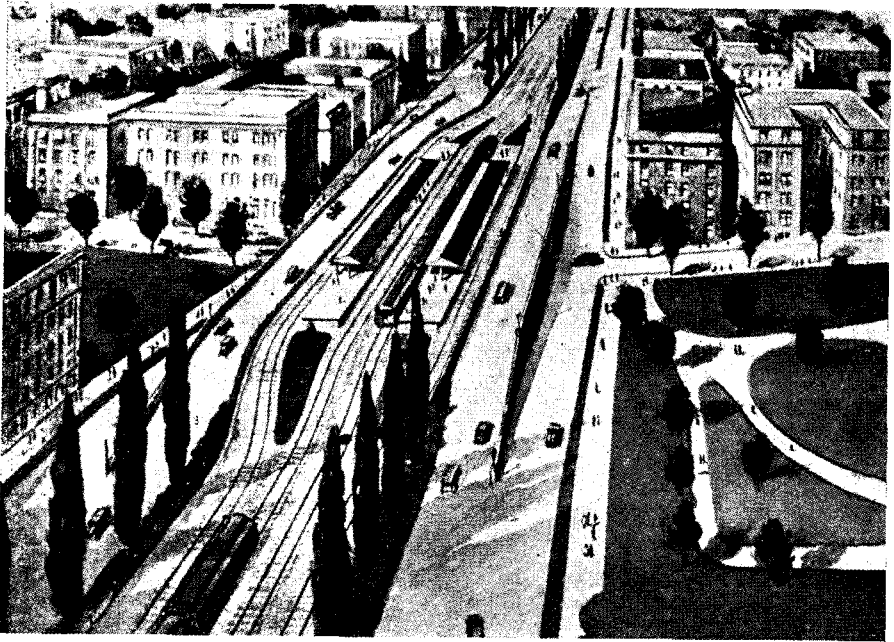
§ 16. Автомобильные сверхмагистрали. В связи с необыкновенно быстрым, после 1920 г., развитием автомобильного транспорта (стр. 14, 74), в Америке и Европе возникли вопросы о постройке специальных автомобильных дорог. В С.-А. С. Ш. конный транспорт исчез в настоящее



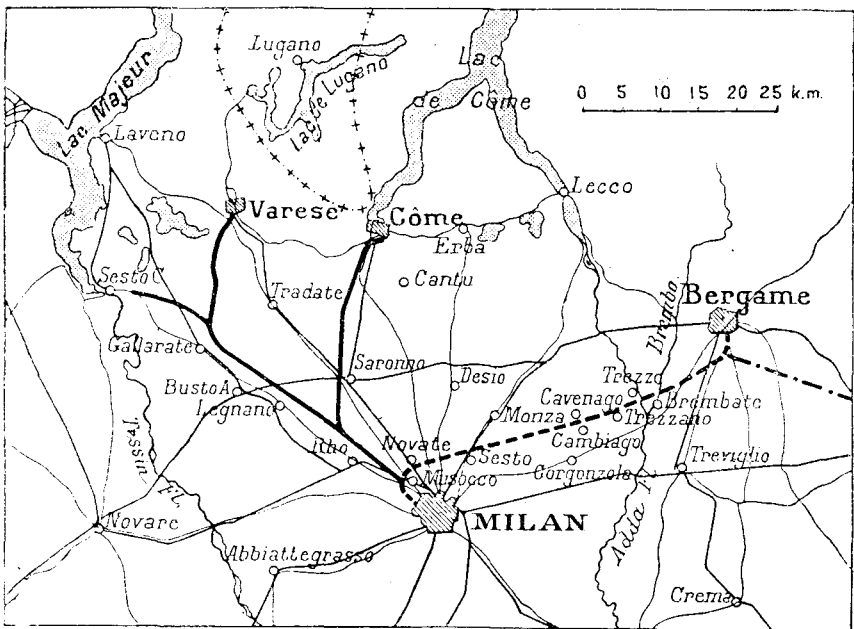
Фиг. 17. Скопление обозов на стратегической дороге (1916 г.).

время почти совсем, и поэтому каждая дорога там является автомобильной. Но в некоторых местах движение достигает интенсивности свыше 2 000 автомобилей в час, в наиболее оживленные часы; на таких участках, как, напр., между Нью-Йорком и Филадельфией, около Чикаго и в Калифорнии между Сан-Франциско и Лос-Анжелес, предполагается устройство специальных *автомобильных сверхмагистралей*. Под этим подразумеваются дороги, специально приспособленные для беспрепятственного быстрого движения, со скоростью до 80 км в час.

Дороги эти устраиваются в одном или в двух уровнях (фиг. 18 и 87) — местное движение проходит в уровне земли. Быстроходное пассажирское движение, свыше 80 км в час, проходит на высоком уровне (насыпи), с пересечением всех встречных железных, шоссеиных, грунтовых дорог посредством путепроводов (мостов). Кроме того, на некоторых дорогах предполагается еще третий путь для транзитного грузового движения; все три дороги — быстроходная, транзитная и



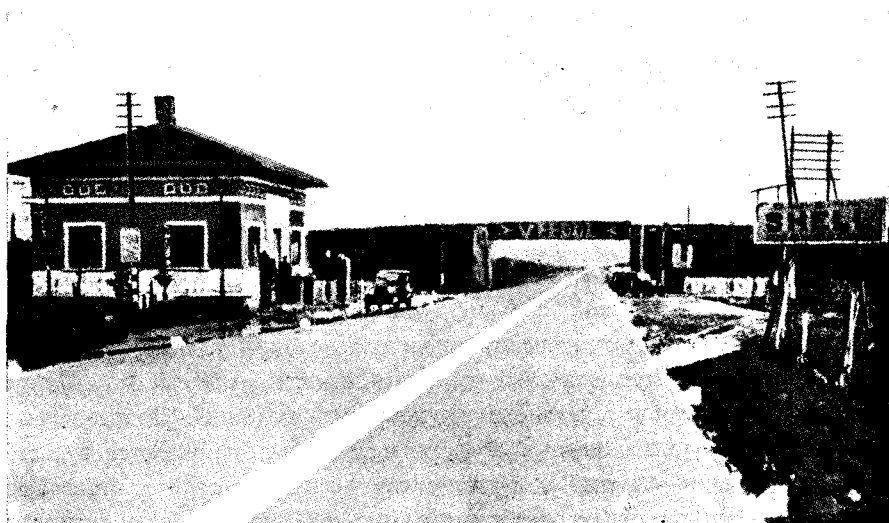
Фиг. 18. Проект американского сверхмагистрального шоссе, в два уровня с наклонными переходами от быстрогоходного пути к местным дорогам.



Фиг. 19. Карта автомобильных дорог (автострад) в окрестностях Милана.

местная — время от времени соединяются между собой наклонными переходными плоскостями (фиг. 18). Ширина проезжей части доводится до 12 — 15 м, что дает возможность в каждом направлении ехать двум автомобилям, а всего четырем (§ 38). Общая ширина дорожной полосы (§ 40) доводится до 60 — 70 м.

Другим примером являются открытые в Италии в конце 1925 г. т. н. *авто-страды* или дороги, устроенные специально для автомобильного сообщения между Миланом и озерами Лаго-ди-Комо и Лаго-Маджиоре (фиг. 19), привлекающими ежегодно массу туристов. Дороги эти представляют собой концессионное предприятие (срок концессии 50 лет с правом досрочного выкупа правительством). Затраченный капитал (54 милл. лир) оплачивается доходами от платы автомобилей за проезд по дороге (автомобиль уплачивает обществу за пробег в один конец 20 лир, в оба конца 30, за годовой билет 1 800 лир, автобус в оба конца 44 лиры



Фиг. 20. Общий вид итальянской автострады.

и т. д.). Для автомобилистов эта плата выгодна, так как на хорошем пути автострады расход бензина, сравнительно с обыкновенным шоссе, сокращается на 30%, а пробег шин увеличивается почти вдвое, в общем себестоимость перевозок уменьшается на 10 — 30%. Предприятие становится, по расчету, доходным при движении не менее 1 000 автомобилей в сутки; в первый же год после открытия среднее суточное число платных автомобилей достигло 800. Длина главной линии Милан — Сесто 44 км, общая длина построенной сети 84 км; в будущем имеется в виду постройка дальних линий из Милана в Венецию (200 км), Геную, Турин и до французской границы. Дороги эти трассированы в виде очень длинных прямых, по 10 — 20 км длиной (фиг. 20), соединенных между собой пологими закруглениями (радиус 400 — 500 м), с подъемами не более 3%. Ширина бетонной проезжей части на главной линии 14 м, на ветвях 13 м. Все остальные дороги пересекаются не в уровне, путепроводами, почему число искусственных сооружений очень велико; всего имеется на 84 км — 124 сооружения для пропуска водотоков, 95 путепроводов для дорог, 9 для железных дорог и 1 для трамвая, в среднем протяже-

ние отверстий составляет около 16 м на км, т. е. в 2-3 раза более обычного. По всему пути устроена специальная сигнализация. Стоимость сооружения 900 000 лир за километр.

В СССР дороги подобного типа в первую очередь возможны в курортных районах, в Крыму и на Черноморском побережье. Представляется вполне возможным, что постройка сети автострад и трамваев окажется в экономическом и эксплуатационном отношении более целесообразной, нежели, напр., постройка Крымской горной жел. дороги. Возможно также в будущем осуществление автострад для пригородного движения около Москвы и Ленинграда.

РАЗДЕЛЕНИЕ ДОРОГ ПО СПОСОБУ ЗАВЕДЫВАНИЯ.

§ 17. Дороги государственного и местного значения. В § 8 было дано подразделение дорог по способу заведывания. Дороги государственного значения находятся в заведывании НКПС, — Центрального управления местного транспорта (ЦУМТ) и Окружных управлений (ОМУ). К дорогам государственного значения отнесены важнейшие шоссе, как, напр., Военно-грузинское, Черноморское, а также некоторые наиболее важные мощные и грунтовые тракты (как, напр., Чуйский тракт от Бийска к монгольской границе, упомянутая в § 14 Николаевская магистраль между Благовещенском и Николаевском и т. д.).

К дорогам местного значения относятся тракты губернского (иногда областного), окружного, уездного и волостного значения. Подразделение дорог на эти группы в разных областях и губерниях не является в настоящее время законченным, в связи с продолжающимся формированием местных административных органов обл., -окр., -рай., -губ., -у- и волысполкомов. Вследствие того, что средства, которыми располагали в прежнее время губернские и уездные земства, а в настоящее время исполкомы, невелики, сравнительно с потребностями сообщения, лишь небольшая часть дорог принята губернскими и уездными дорожными отделами на свое попечение (эти дороги на карте, фиг. 2, показаны толстыми линиями). Кроме того, как видно из карты, и эти дороги подвергаются улучшению не сразу, сплошь по всему протяжению, а лишь частично. По мере ежегодного отпуска средств, постепенно строятся в наиболее необходимых местах мосты, производится замощение особо непроезжих участков и т. д. На фиг. 2 показан характер этих частичных улучшений.

Новым фактором в организации дорожного дела является образование укрупненной волости (района) и, в связи с этим, установление *сети волостных дорог*, кроме бывших ранее уездных и междууездных, т. е. губернских. Волостные дороги, обслуживающие связь сел между собой и с уездной сетью и железнодорожными станциями, образуют недостававшее

до сего времени звено путей сообщения. Однако, включение бывших проселочных дорог в волостную сеть сильно расширяет протяжение дорог, поддерживаемых на средства органов местного хозяйства. Приведение этой большой сети в порядок станет фактически возможным лишь с укреплением хозяйственного и финансового положения самой волости. Положение осложняется несколько тем, что распределение существующей сети между губернией, уездом и волостью должно быть сделано не только по признаку значения того или иного пути, но еще и в соответствии с относительным состоянием бюджетов этих органов, что во многих случаях представляет практически трудную задачу.

В общем, на 1 декабря 1925 г. дороги СССР распределялись по способу заведывания следующим образом:

Дороги местного значения	{	1) Государственн. дороги общесоюзн. значения	42 081 км
		2) областные и губернские	332 900 "
		3) уездные	450 000 "
		4) волостные и сельские	475 000 "
		5) полевые, проселочные и пр.	1 700 000 "
Всего около			3 000 000 "

За вычетом дорог 1-го разряда — государственных и 2, 3, 4 разрядов — губернских, уездных и волостных, принятых в ведение органов местного хозяйства, всего общим протяжением около 1 000 000 км, остается еще громадная сеть протяжением около 2 000 000 км дорог 4-го разряда — сельских, 5-го разряда — полевых, лесных и пр., называвшихся прежде *проселочными*. Согласно действующему закону (см. ссылка на стр. 16) сельские дороги содержатся средствами сельских обществ и землепользователей, ведомств и предприятий, обслуживаемых этими дорогами. Фактически, вследствие отсутствия у сельских обществ средств, а у отдельных землепользователей иногда и желания, исправлять дороги, главная масса всех дорог СССР — сельские и полевые дороги — находилась и находится в совершенно первобытном состоянии — накатанной полосы земли, не поддерживаемой решительно никем. Выход из этого положения, однако, возможен только в будущем, с общим развитием народного хозяйства и увеличением той доли средств, которая из волостных и сельских бюджетов будет отпускатся на дорожное дело.

РАЗДЕЛЕНИЕ ДОРОГ ПО РОДУ ОДЕЖДЫ.

§ 18. Грунтовые дороги. По устройству дорожной одежды дороги разделяются на: 1) грунтовые, 2) мощеные и 3) шоссе.

Большинство дорог в СССР — *грунтовые*, т. е. представляют собой первобытную, слегка лишь спланированную полосу земли, предназначен-

ную для проезда; или даже просто более или менее накатанную колею от проезда телег.

Таковы все проселочные дороги (до 1,7 миллионов км) и значительная часть протяжения (1,2 миллиона км) дорог местных сообщений. В зависимости от состояния грунта, дороги эти бывают в непроезжем состоянии большую или меньшую часть года. Черноземные и глинистые дороги обращаются в полужидкую грязь после сильных дождей летом (фиг. 21), продолжительных дождей осенью и оттаивания снега весной. Участки дорог на сыпучих песках особенно непроезжи в жаркую сухую погоду;



Фиг. 21. Состояние неуллучшенной грунтовой дороги после дождей.

на глинистых дорогах в это время появляются затвердевшие бугры, колеи и ямы, делающие езду беспокойной.

Особенно плохи участки, пролегающие по болотистым и, вообще, топким местам; участки, затопляемые водой при разливе рек, с полным прекращением сообщения; участки, пролегающие по крутым косогорам, при обледенении которых движение становится опасным; участки при пересечениях глубоких оврагов и балок, с крутыми подъемами и спусками; участки, пролегающие по лесам с невыкорчеванными корнями, и, наконец, участки в селах, где застройка с обеих сторон затрудняет отвод воды и где, поэтому, дорога обращается летом в непролазную грязь.

Такие затруднения в проезде заставили на более важных дорогах принять некоторые меры и обратить их в *уллучшенные грунтовые дороги*.

Простейшим улучшением является устройство по бокам дороги *каналов*, осушающих полотно и приносящих пользу, при надлежащем устройстве, на болотистых участках, черноземных и глинистых грунтах.



Фиг. 22. Устройство полотна на косогоре (Николаевская магистраль в Дальневосточной области).

Далее, приносит пользу устройство *правильного земляного полотна*, — срезка и планирование полотна на крутых косогорах (фиг. 22 и 23),



Фиг. 23. Дорога на косогоре (Норвегия).

устройство насыпей около мостов и труб (фиг. 24), устройство насыпей и выемок для смягчения крутых подъемов, при пересечении оврагов, балок, в долинах (фиг. 25), устройство незатопляемых насыпей (дамб)

при пересечении заливаемых пойм рек, и пр. Вместе с устройством необходимых искусственных сооружений, эти меры являются первым шагом к цели улучшения каждой дороги.



Фиг. 24. Устройство насыпи при подходе к мосту (Николаевская магистраль).

Именно по этому типу были выстроены грунтовые магистрали в Приамурском крае (фиг. 13).



Фиг. 25. Полотно в долине реки (Норвегия).

Кроме только-что перечисленных мер, принимаемых для улучшения дорожного полотна, применяются еще разные способы укрепления про-

езжей части грунтовой дороги. К числу их прежде всего относится устройство *настилки* из хвороста, хвойных ветвей, жердей, пластин или бревен (фиг. 26), положенных на лежнях поперек дороги и засыпанных иногда землею. Такие настилки (*гати*), с легким подъемом полотна на насыпь и устройством боковых канав, применяются при пересечении болот, при проходе топких мест и ям на дорогах, с которыми трудно справиться другими способами, а также на участках с сыпучими песками. Укрепление проезжей части при помощи гатей представляет временное улучшение — надлежащее решение достигается только правильным устройством земляного полотна и каменной одеждой. Однако, к устройству



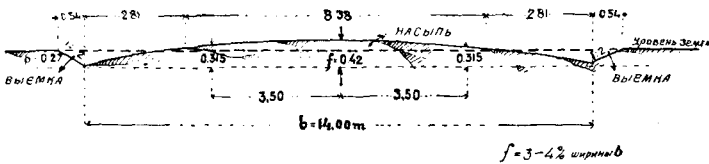
Фиг. 26. Устройство бревенчатой гати (временка Амурской жел. дороги).

настилки приходится прибегать там, где улучшение дороги требуется произвести экстренно, в короткий срок (напр., при стратегических работах), или где камень недоступен по цене и условиям доставки, а лесной материал, наоборот, дешев и имеется под рукой.

В последние годы в Америке выработался особый тип *усовершенствованных грунтовых дорог*, проезжей части которых придается определенный выпуклый поперечный профиль, с треугольного вида канавами по бокам (фиг. 27). Сущность этого рода улучшения дороги заключается, однако, не столько в их первоначальном устройстве, сколько в поддержании их в исправном состоянии, путем постоянного и систематического *ремонта*. Этот ремонт имеет целью осушение полотна, поддержание выпуклого профиля проезжей части и уплотнение поверхности дороги. Значительная часть работ как по сооружению дороги, так и по ремонту производится специальными дорожными *машинами* и орудиями, приводимыми в движение или

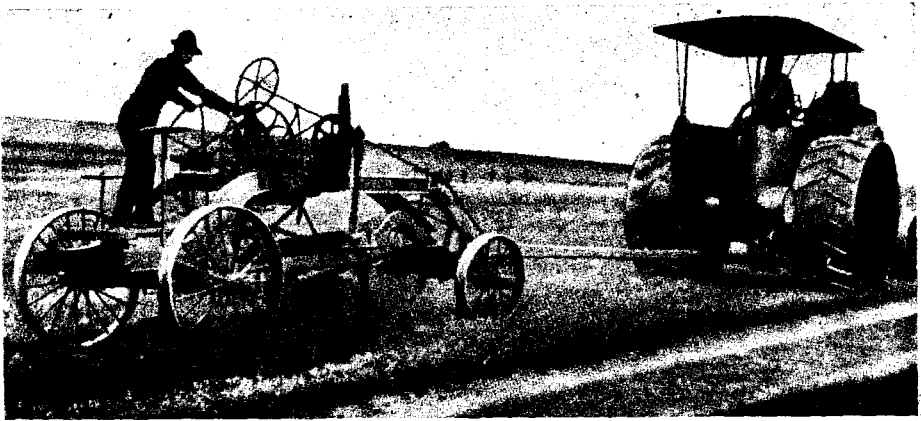
живыми двигателями (лошади, волю), или механическими (тракторы) (фиг. 28 и 29).

При надлежащей организации всего дела, при грунтах и топографии, не представляющих исключительных трудностей, и при средней густоте



Фиг. 27. Нормальный поперечный профиль улучшенной грунтовой дороги.

проезда, этим способом может быть, во многих случаях, достигнуто более экономичное и целесообразное улучшение грунтовых дорог, нежели покрытие их каменной одеждой.¹



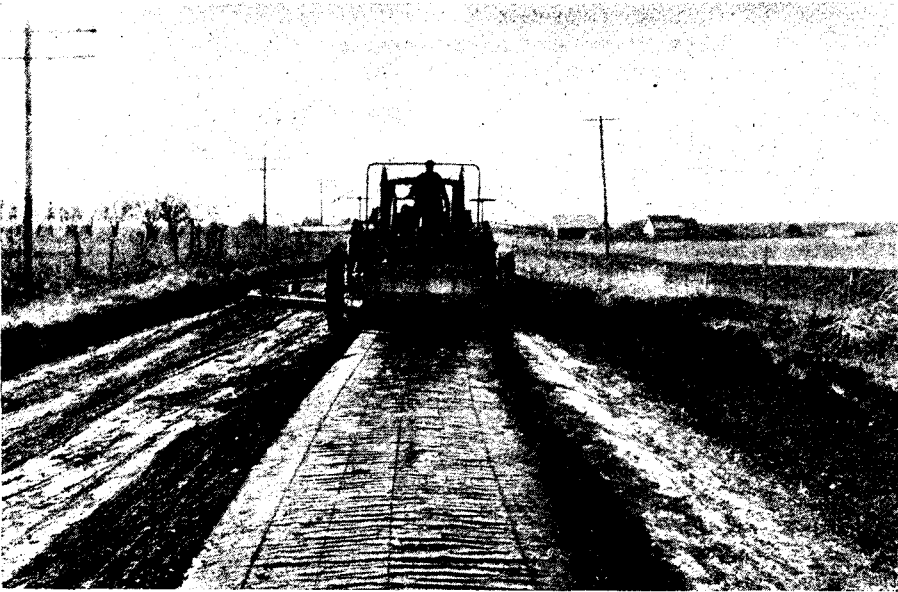
Фиг. 28. Профилирование грунтовой дороги при помощи трактора и струга.

§ 19. Мостовые. При более или менее сильном проезде, дороги нуждаются в покрытии проезжей части *каменной одеждой*.

Простейшим типом такой одежды является булыжная мостовая (фиг. 30) из колотого камня, размером около 18 см, уложенного на слое песка такой же толщины. Булыжная мостовая представляет прочный тип одежды — при надлежащем устройстве она не нуждается в ремонте много лет: недостатком ее является неровная поверхность, дающая тряскую езду, и

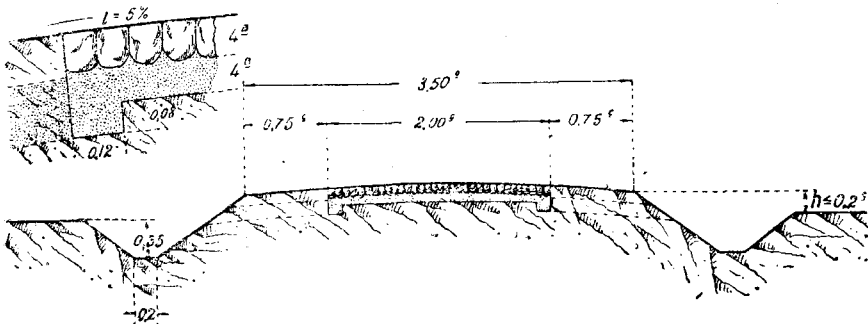
¹ Подробности улучшения грунтовых дорог американским способом будут даны в 3-й части этой книги.

трудно очищаемая от грязи. В СССР покрытие булыжной мостовой представляет наиболее распространенный способ улучшения дорог. Из



Фиг. 29. Выглаживание грунтовой дороги утюгами и катком.

200 000 км бывших земских дорог покрыто каменной одеждой всего 12 000 км, но в числе этих 12 000 км около 75% покрыто мостовой.

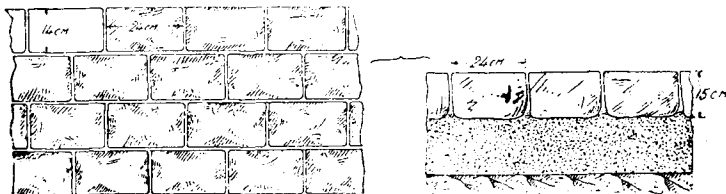


Фиг. 30. Устройство мощеной дороги.

По большей части, замощение производится не сплошь по всему протяжению, а только на отдельных, особо непроезжих участках (см. фиг. 2) — на плотинах и вообще, на подходах к мостам, на протяжении сел, на больших подъемах и проч.; длина таких участков обычно от 0,5 до 2,0 км. Все остальное протяжение дороги, за неимением

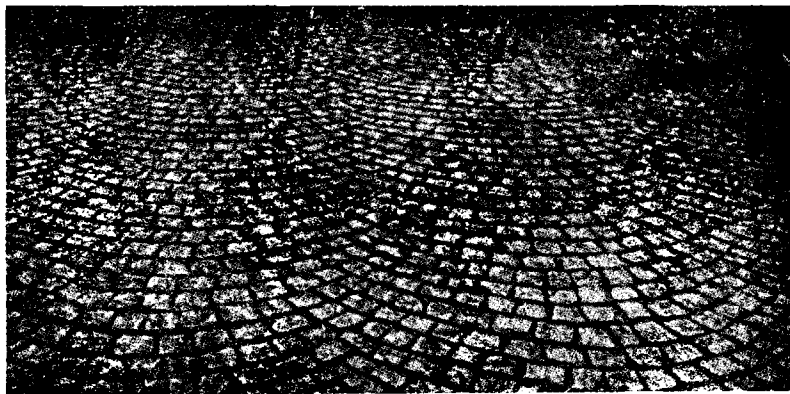
средств, оставляется немощным. По статистике бывш. МВД, в земских губерниях, к 1913 г. было:

1. Дорог мощеных по всему протяжению . . . 1 100 вер.
2. Отдельных мощеных участков 7 400 „
3. Немощеных разрывов между участками, указанными в п. 2 48 600 „



Фиг. 31. Брусчатая мостовая.

Таким образом, мощеные участки, в среднем, составляли около 13% протяжения земских дорог, мощеных с разрывами. Стоимость одного километра сплошь мощеной дороги вместе с устройством мостов обходилась перед войной около 10 000 — 15 000 руб., следовательно, при мощении в пределах 10 — 15%, средний расход на улучшение километра

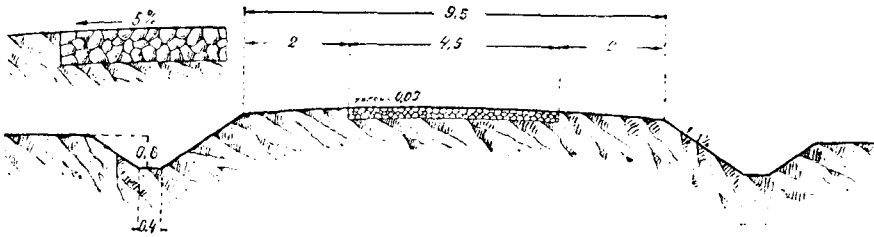


Фиг. 32. Мозаичная мостовая.

сети не превосходил 2 000 — 3 000 руб. (имея в виду, что мощению подвергаются наиболее трудные участки). Разумеется, перед устройством мостовой должны быть произведены все необходимые работы по устройству земляного полотна (упомянутые в § 18), а также искусственные сооружения.

Основным вопросом при устройстве мостовой является *приобретение камня*, затраты на добывание и доставку которого составляют около

60% — 70% стоимости всего устройства мощеной дороги. В центральных и северных районах РСФСР камень собирается на полях, в виде

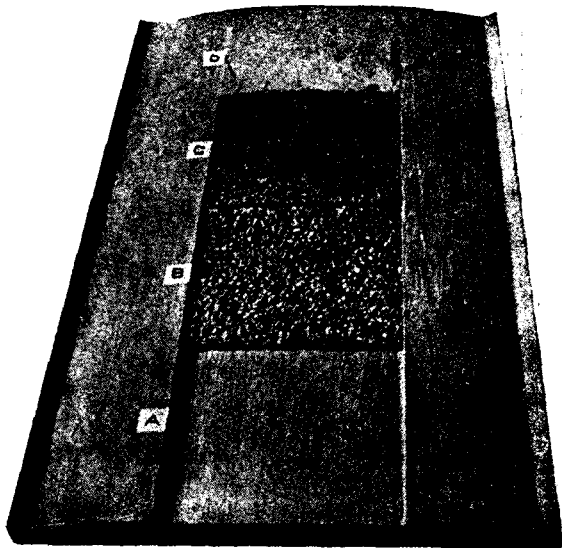


Фиг. 33. Устройство шоссе.

валунов (булыг), занесенных в ледниковый период. На юге-западе Украины на Кавказе, в Крыму и в Восточной Сибири, камень для дорог возможно добывать из скал в каменоломнях.

За границей применяют на дорогах усовершенствованные мостовые с гладкой поверхностью — мостовую из каменных брусков (фиг. 31) и мостовую из мелких кубиков, или так наз. мозаичную мостовую (фиг. 32). Такие мостовые более пригодны для автомобильного движения, чем булыжная.

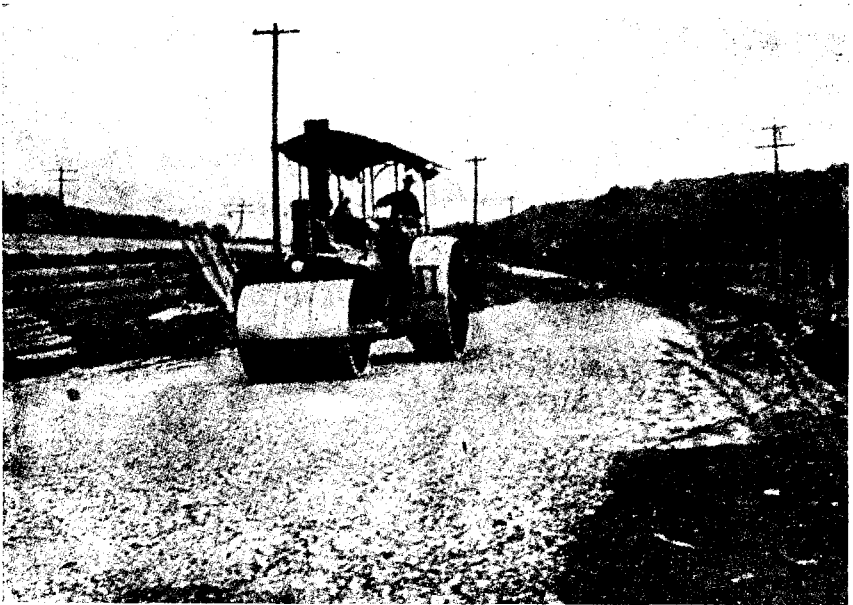
В местностях, бедных камнем, в Америке и Голландии, применяют *кирпичную мостовую*; опыты с ней были сделаны также в Польше и Черниговской губернии и дали, в общем, удовлетворительные результаты.



Фиг. 34. Модель устройства шоссеиной одежды; А — подготовка полотна; В — нижний слой из крупного (6 см) щебня; С — засыпка мелочью (меньше 2 см); D — гладкая поверхность укатанного шоссе.

§ 20. Шоссе. Под этим названием подразумевается дорожная одежда, устроенная из камня, разбитого в *щебень* (фиг. 33 и 34), уплотненная посредством укатки (фиг. 35) и затем поддерживаемая систематическим ремонтом (фиг. 36).

Большая часть протяжения заграничных дорог представляет собой шоссе. Хорошо устроенное и содержимое шоссе дает спокойный проезд для автомобилей и легковых экипажей и облегчает передвижение грузовых подвод, позволяя значительно увеличивать их нагрузку. В то же время поверхность шоссе не так скользка, как мостовая. Однако, основными условиями исправности шоссе являются непрерывный *надзор, содержание и ремонт*. Шоссе должно постоянно держаться в чистоте, все выбоины должны заравниваться свежим материалом и, наконец, по мере износа,



Фиг. 35. Укатка шоссе.

кора должна подвергаться правильному, периодическому возобновлению. Все это требует хорошо организованного персонала и специальных орудий — камнедробилок, катков и пр. Вследствие этого, шоссе может применяться только на дорогах, покрываемых одеждой *сплошь*, на значительном протяжении. Организация шоссейного хозяйства на отдельных разбросанных участках невозможна. Естественно поэтому, что шоссейная одежда не получила широкого распространения на бывших земских дорогах, где из 12 000 км, покрытых каменной одеждой, имеется всего только 3 000 км (т. е. около 25%) шоссе. Наоборот, бывш. казенные дороги, снабженные постоянным персоналом и надлежащим инвентарем, представляли собой, в большинстве случаев, сплошные шоссе. Стоимость устройства километра шоссе, в зависимости от стоимости камня и рабо-

чей силы, до войны была от 15 000 до 25 000 рублей. Сверх того, на правильное содержание и ремонт шоссе ежегодно расходовалось от 500 до 1 000 рублей на км.

Выработанный около ста лет тому назад тип шоссейной одежды отвечал вполне потребностям движения, пока не начала распространяться на дорогах *механическая тяга*. Автомобильное движение поставило



Фиг. 36. Общий вид шоссейной дороги.

дороги в совершенно новые условия работы. Большая скорость движения, значительная величина вертикальной нагрузки и тяговых усилий, развиваемых на ободу колес, быстро расстраивают шоссейную кору, лишая ее той связности, которая достигается укаткой, и увеличивая чрезмерно износ каменного материала. Автомобильное движение послужило толчком к устройству новых типов прочной одежды, именно шоссе *из щебня и смолы*, а также *бетонных дорог*; за последние годы в Англии, Франции и Америке в этом отношении достигнуты большие успехи (§ 27, стр. 75—76).

К достоинствам смоляных шоссе, помимо большей прочности, относятся еще *отсутствие пыли*.

§ 21. Переход от одного типа к другому. Описанные в предыдущих параграфах различные типы дорог — по характеру движения, по заведыванию и по устройству одежды — не представляют, в применении к частному случаю отдельной дороги, чего-либо неизменного. С проведением новых железнодорожных линий характер и интенсивность движения по отдельным дорогам может резко измениться. Линии, бывшие раньше магистральными, могут утратить свое значение, отдав большую часть движения железной дороге. Наоборот, не имевшие раньше значения участки проселочных, или даже полевых, дорог могут приобрести важное значение подъездных путей к станциям новых железных дорог.

Мы упоминали, что значительная часть грунтовых дорог, считавшихся прежде местными, приняты в ведение НКПС, т. е. стали государственными. Наоборот, в ведение местных органов, дорожных отделов губисполкомов иногда передаются участки бывших казенных шоссе. Затем сплошь и рядом доротделы включают в губернскую или уездную сеть дороги, считавшиеся прежде проселочными, но получившие крупное значение вследствие изменившихся условий — проведения новых железных дорог, возникновения новых промышленных районов и т. д.

Наконец, и в отношении устройства полотна нередко на одной и той же дороге применяется проезжая часть разных типов. Так, на дорогах местного значения замощению подвергаются только непроезжие места — переходы через плотины, участки в селах, большие подъемы и т. д.; все остальное протяжение дороги оставляется, за неимением средств, в немощеном виде. Иногда на шоссе покрываются мостовой участки, особенно подверженные заносу грязью, например, проходы через села, местечки, а также большие подъемы, на которых мостовая, по своей шероховатости, представляет большое удобство для лошадей, в смысле сцепления.

Иногда, с течением времени, приходится одну проезжую часть заменять другой, так, например, известны случаи перестройки мостовых в шоссе и наоборот. Поэтому, проектируя дорогу, следует всегда иметь в виду, что лет через 20 — 30, а иногда и раньше, тип ее может существенно измениться. В частности, при проведении новых дорог, в особенности пионерного характера, часто бывает целесообразно начинать с самого простейшего устройства — грунтовой дороги, или даже просто тропы, и, с годами, улучшать ее, переходя постепенно к все более совершенным типам полотна и сооружений и вводя, при первой возможности, механическую тягу (фиг. 7).

Постепенное улучшение дает возможность поставить дорогу и ее сооружения в действительное соответствие с местными условиями и использовать наивыгоднейшие обстоятельства для экономичности ее сооружения. При изысканиях намечается одновременно первоначальная — временная и

будущая — окончательная трасса, первая с допущением более крутых подъемов и закруглений (гл. V и VI). Вначале устраиваются только деревянные мосты легкого типа и самые необходимые земляные работы на подходах к мостам (фиг. 24), для планировки полотна на косогорах (фиг. 22) и т. д. В последующие годы, с развитием движения, трасса и полотно дороги постепенно, по частям, приводятся в окончательный вид, с уширением полотна, смягчением подъемов и закруглений, с устройством надлежащего водоотвода, заменой гатей укрепленными дамбами. Временные мосты перестраиваются на постоянные железные и железобетонные, учитывая при назначении величины отверстия и выборе типа опор опыт прохода высоких вод. Наконец, постепенно устраивается проезжая часть, причем первоначальные типы (улучшенная американская грунтовая дорога, добавка грунтов) могут быть использованы в качестве основания или материала (булыжная мостовая) для последующих усовершенствованных типов (шоссе).

Такой способ последовательного улучшения дорожной сети с переходом от одних типов к другим в настоящее время систематически проводится в дорожном хозяйстве С.-А. С. Ш.

Но при таком плане хозяйства уже с самого начала в отношении полосы земли, занимаемой под дорогу, выбора направления и пр., надо считаться с будущим развитием дороги.

Литература к главе II. 1) *А. С. Грузинов*, Существующая потребность земского шоссевого строительства в России, Москва 1914, изд. Моск. губ. земск. управы, 2) *П. Н. Шестаков*, Подъездные железнодорожные пути и местный транспорт; сборник „Местный транспорт в народном хозяйстве“, 1924. 3) Подъездные пути, вып. 17 ЦУМТа. Москва 1926. 4) Материалы по исследованию путей сообщения Приамурского края, изд. Амурского водного управления под общим руководством инж. П. П. Чубинского, 1912 — 1916. 4) Дорожностроительные работы на переселенческих участках Сибири, СПб, 1906. 6) *П. Л. Лямзин* и *В. П. Воишин*, Учение о колонизации и переселениях, Гиз. 1926. По автомобильным сверхмагистралям журналы „Roads and Streets“ и „Good Roads“ за 1926 — 1927 г., „Genie Civil“, № 26 за июнь 1926 г. (итальянские автострады), а также труды V Дорожного конгресса.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

РАЗВИТИЕ ДОРОЖНОГО ДЕЛА.

§ 22. Протяжение дорог в СССР и за границей. В отношении благоустройства дорог СССР отстал от Запада несравненно больше, чем в отношении развития рельсовой сети.

Таблица № 2.

Сравнительное протяжение дорог за границей и в СССР.

	Протяжение дорог в тыс. километров	На 10 000 жи- телей, кило- метров дорог	На 100 кв км площади, ки- лометров до- рог
I. Дороги с каменной одеждой			
Европейская часть СССР	20	2	0,4
Франция	585	150	105
Англия	256	81	55
Германия (до войны)	287	44	53
С.-А. С. Ш. (1925 г.)	256	24	3,3
II. Железные дороги (1922 г.)			
Европейская часть СССР	54	5,3	1,2
Франция	53	13	10
Англия	39	8	12
Германия	58	10	12,4
С.-А. С. Ш.	427	46	4,6

На одинаковое число жителей в СССР железных дорог в 2¹/₂ раза меньше, чем во Франции, а шоссейных в 90 раз. На одинаковую площадь европейская часть СССР имеет в 270 раз меньше замощенных дорог, нежели Франция.

Таблица № 3.

Дороги в разных районах СССР в 1924 г. в верстах. ¹

Районы	Шоссе	Замошен.	Грунтовые, не считая полевых	Всего
Европейская часть РСФСР	8845,5	2859,6	175888,5	187593,6
Украина	4153,4	1364,7	176464,3	181982,4
Белоруссия	150,0	30,0	3000,0	3180,0
Кавказ	4016,6	14,1	17095,8	21126,5
Сибирь	—	—	107911,5	107911,5
Туркестан	131,0	1,3	56313,6	56445,9
Итого . . .	17296,5	4269,7	536673,7	558239,9

Отсталость в дорожном деле отнюдь не есть следствие только редкой населенности СССР. В европейской части СССР есть местности густо населенные; так, напр., Московская губерния имеет плотность населения такую же, как в среднем Франция, а Киевская губерния такую же, как Пруссия. Тем не менее, и такие местности чрезвычайно бедны дорогами, как видно из следующего сопоставления:

Таблица № 4.

	Плотность населения жителей на 1 кв. км	На 1 кв. км территории приходится дорог с ка- менной одеж- дой, метров	На 100 жи- телей прихо- дится дорог с каменной одеждой, ме- тров
Франция	70	1050	1500
Московская губерния	90	84	93
Пруссия	100	290	290
Киевская губерния	102	19	19

§ 23. Состояние дорог в различных районах СССР. Север европейской части СССР. Состояние дорог в СССР в прошлом и в настоящее время является одним из существенных моментов, задерживающих хозяйственное развитие страны и культурный подъем населения. Состо-

¹ По данным А. М. Гибшмана в жури. „Коммунальное дело“, май 1924.

яние это характеризуется словом „бездорожье“, не имеющимся на иностранных языках. Разные экономические районы СССР страдают от этого в различных формах, но, в общем, в каждом без исключения районе имеется резкое несоответствие между протяженностью и состоянием дорожной сети, с одной стороны, а с другой — размерами территории, физико-географическими условиями, численностью населения, развитием производительных сил и густотой железнодорожной сети.

Север европейской части СССР (Северо-восточная и часть Северо-западной области) — губернии Архангельская, Вологодская, Северо-двинская, Коми-зырянская область и Карельская АССР занимают громадную территорию около 1 600 000 кв. км или около *трети* площади всей европейской части СССР. Протяжение дорожной сети в этом крае находится в резком несоответствии с территорией.

Искусственных колесных путей всего несколько сот км, протяжение же *вообще всяких дорог* едва достигает 35 000 км, что составляет менее $\frac{1}{50}$ всех дорог в европейской части СССР.

При таком протяжении все имеющиеся в Северном крае дороги можно представить в виде сети из квадратов, со сторонами около 250 км, причем внутри этих квадратов лет абсолютно никаких колесных сообщений. И действительно, напр., в Кемском у. Арханг. г., дорог совсем не имеется; зимой кое-какое сообщение поддерживается по санному пути, летом на баркасах по порожистым рекам, или просто пешком по тропинкам, а осенью и весной всякое сообщение прекращается совсем. В Карельской АССР 1500 сел, т. е. около одной трети всех селений, сообщаются с остальным миром исключительно лишь верховыми и пешеходными тропинками. В уездах Петрозаводском, Повенецком и Пудожском имеются селения, находящиеся в расстоянии 40—80 км до ближайшей тележной дороги. При таких условиях доставка необходимых жизненных припасов — муки, овса и пр., производится или на „смычках“, т. е. жердях, соединенных доской, которые лошадь волочит по земле, или эти грузы прямо переносятся людьми, на спине, за десятки верст. Вообще, если бы не множество озер и рек и возможность зимнего сообщения по замерзшим болотам, то население было бы обречено на полную отчужденность, неподвижность и, вероятно, постепенное вымирание.¹

Начинающая развиваться в этом крае лесная промышленность, рыбные промыслы, маслодельная промышленность в Вологодском районе, колонизация района Мурманской жел. дор. встречают препятствие в полном бездорожьи. В аналогичных географических условиях с нашим Севером находятся соседние: Финляндия, Норвегия и Швеция, между тем использование тех же самых рыбных, лесных и минеральных богатств идет там в совершенно другом масштабе. Эти страны, при территории в три раза меньшей, экспортируют лесного товара на 200 млн. руб. в год, т. е. ровно в 10 раз больше, чем довоенный вывоз из всех наших северных портов.² На карте Швеции с обозначением деревообрабатывающих заводов бросается в глаза их разбросанность по всей стране, тогда как наши северные лесопильные заводы почти все сосредоточены в самых рынках экспорта. При таких условиях лесозаводчику приходится тянуть бревна водой иногда до 1500 км (напр., с реки

¹ См. Свод трудов местных комитетов совещания о нуждах сел.-хоз. промышленности, „Гужевые и водные пути“, составленный П. И. Рудченко, СПб., 1904.

² Г. Ф. Чиркин, Колонизация Севера и пути сообщения, сборник „Подъездные пути в Северном районе“, Петроград, 1920.

Вычегды до Архангельска), что исключает возможность надлежащей полной утилизации древесины на месте.

„Нигде не встречается столь разительной разницы, чем на Русско-норвежской границе (бывшей). В прилегающем округе южного Варангера мы видим прекрасные шоссированные дороги, проложенные с большими затратами по трудно пересеченной местности для соединения далеко разбросанных друг от друга поселков, и рядом полное отсутствие каких бы то ни было дорог на нашей территории“.¹

§ 24. Центральные районы и Украина. Центр европейской части СССР составляют промышленные районы — Центрально-промышленный район (Московский), часть Ленинградской области, Уральский район и отчасти Западный район (Белоруссия). Состояние дорог не соответствует основным экономическим и географическим особенностям этой области. Относительно плотное сельское население лишено обеспеченности сообщений в отношении срочности и даже элементарной безопасности проезда. „Одним из существенных тормозов для прогресса всей деревенской жизни, промышленности вообще и сельскохозяйственной в особенности, является бездорожье, благодаря которому сплошь и рядом нельзя в деревне привезти во время к больному врача, доставить на пожар огнетушительные снаряды, отвезти детей в училище, вывезти на рынок с.-х. продукты“.²

Особенно резко несоответствие грунтовых накатанных дорог климатическим и почвенным условиям. В центральных губерниях дороги приходят в состояние распутицы весной и осенью, в общей сложности от 4 до 5 месяцев в году. Дороги часто пролегают по местам бугристым, пересекают глубокие овраги, проходят по топким болотистым или глинистым грунтам. В периоды распутицы такие дороги становятся совершенно непроезжими, а в некоторых местах и опасными для движения. По Галичскому тракту Костромской губ. расстояние в 17 км почта в распутицу едва проходит в 28 часов. Крестьянские повозки ночуют в грязи, ломаются в пути, а лошади калечатся. Многие дороги представляются трудно проезжими даже в летнее время; разъяренное глинистое полотно, остатки старых жердевых настилов, в виде торчащих на полотне кольев, отсутствие надлежащего водоотвода делают невозможным ни быстрое движение на автомобилях, ни экономичную перевозку грузов на лошадях.³ Сравнительно развитая в этих областях железнодорожная сеть почти не имеет подъездных путей. Доставка груза от станции до села обходится иногда дороже, чем провоз из Ленинграда в Америку или из Одессы в Англию. Такие условия подвоза ложатся большим накладным расходом на крестьянское потребление — мануфактуры, сахара, керосина, не говоря о привозных строительных материалах и топливе.

Между тем задача индустриализации страны требует широкого распространения мелкой промышленности в деревне на кооперативных началах. Сюда относятся переработка картофеля и патоки в крахмал, переработка молока в масло, сыр и консервы, заготовка и упаковка яиц, сбор, хранение и первичная обработка кожи, организация мелкого льнопрядения и льноткачества в электрифицированной деревне и т. д.⁴ Все это возможно и может получить надлежащее развитие лишь при создании удобного автомобильного сообщения.

¹ Буюаров, Поездка по Лапландии.

² Записка Ярославской губ. земск. упр. 1903 г.

³ Отчет ЦУМТа за 1923 — 24 год.

⁴ Е. Горева, Индустриализация сельского хозяйства в СССР. Сборник „Индустриальное земледелие“. Ленинград, 1926.

В особенно плохих условиях находится промышленный Урал — в самых окрестностях Свердловска начинается непролазная грязь, отрывающая от города даже пригородные промышленные пункты, не говоря о селах.

Во многих местах дороги проходят ниже горизонта весенних вод и во время половодья затопляются. Мосты через овраги и ручьи находятся в таком состоянии, что весьма нередко их приходится объезжать, чтобы не провалиться и не переломать ног лошадям. Через многие реки, впрочем, совершенно нет мостов и приходится переезжать прямо в брод или по полуразрушенным и затопляемым плотинам; есть мосты, которые сносит 2—3 раза каждый год. Благодаря такому состоянию дорог, некоторые местности оказываются сплошь и рядом в островном положении. Такова, напр., значительная часть Белоруссии, где благодаря отсутствию во многих местах плотин и мостов приходится делать объезды круглыми путями, по несколько десятков километров, а во время разливов прибегать к лодкам.

Южный район образует группа черноземных степных областей — Украина, Центральная черноземная область (с центром в Воронеже), северный Кавказ, Юго-восток. Район этот отличается большой плотностью населения, высокой урожайностью земли и в некоторых местах уклоном к индустриализации сельского хозяйства, т. е. к развитию технических культур свекловицы, картофеля, конопли, табака и проч. По физико-географическим условиям край этот близок к сопредельным странам Европы — Венгрии, Румынии и т. д. Но между состоянием дорог в этих странах и на Украине или северном Кавказе большая разница.

Протяжение шоссе.

Страны	Всего км	На 100 кв. км	На 10 000 жит.
Румыния (в довоенных границах)	26 700	21,1	42,0
Венгрия (в довоенных границах)	41 800	12,7	21,4
Украина	4 800	0,6	1,1
Северный Кавказ (Кубанск. обл.)	126	0,15	0,04

Т. е. Украина имеет на 10 000 жителей в 20 раз меньше шоссежных дорог, а Кубань в 50 раз, несмотря на то, что Венгрия и Румыния не принадлежат к числу наиболее передовых стран Европы ни в отношении общего хозяйственного и культурного развития, ни, в частности, по отношению к густоте дорожной сети.

Состояние громадной сети грунтовых дорог в этом богатом крае мало чем отличается от описанных выше для Центрального района. Так, напр., в Киевской губ., из 37 000 км пролегающих в губернии дорог (в том числе больших трактов 7 500 км) имеется только 800 км мощеных. Из 11 уездных городов губернии четыре до сих пор сообщаются с ближайшими станциями железной дороги проселками, длиной до 30 км. На большинстве грунтовых дорог губернии весной и осенью бывает такая невылазная грязь, что с вокзала пассажирам приходится идти пешком, потому что

лошади оказываются не в силах вытащить экипаж из грязи. По целому месяцу, а иногда и более нельзя получить грузы с железной дороги, потому что подъехать к станции не имеется возможности. Если бывает теплая зима, без снега, то иногда всю зиму доставка грузов на станции невозможна. Осенью 1912 г. часть урожая хлеба и свекловицы погибла, так как, вследствие распутицы, нельзя было своевременно вывезти продукты с полей.

Подобную же картину представляют дороги черноземной Кубани, богатейшей области в Европе по своей хлебобородности. В сухое время года дороги эти гладки и хотя пыльны, но удобны для езды, и пара средних крестьянских лошадей везет 1,2 т и более груза. Но стоит пройти небольшому дождю, дороги портятся, пыль превращается в густую грязь, которая липнет к колесам и настолько затрудняет движение, что та же пара, которая везла 1,2 т по сухой дороге, не повезет и 0,6 т. При затяжных дождях поздней осенью черноземные дороги становятся совершенно непроезжими. Колеса уходят в грязь по самую ступицу, и лошади еле-еле тянут пустую арбу. В это время сообщение по дорогам области почти совершенно прекращается. Санного пути в этом крае почти не существует вовсе, снег и морозы настолько ненадежны, что если даже население и пользуется санями для небольших поездок, то на дальние поездки с кладью оно не решается, ибо в течение дня погода может так испортиться, что возчик рискует на половине пути остаться без дороги.¹

§ 25. Сибирь, Кавказ и Туркестан. Положение дорожного дела в этих обширных районах с богатейшими экономическими перспективами не соответствует ни своеобразным физико-географическим условиям, ни даже современным хозяйственным потребностям, не говоря о будущем развитии. Сибирь и Дальневосточный край связаны с остальными частями СССР Сибирской и Амурской ж. д. и прилегающими к ним новыми ж. д. линиями. Эта железнодорожная сеть не имеет достаточного количества подъездных путей к станциям и не использует в достаточной мере даже территорий близко прилегающих линий. Хотя с постройкой жел. дорог заселение Сибири сделало большой шаг, однако устройство и укрепление районов, уже заселенных переселенцами, далеко нельзя считать законченным; в частности, дорожная сеть, устроенная по большей части еще до войны, с примитивными сооружениями, пришла в значительное, а местами в полное расстройство и теперь настоятельно нуждается в перестройке, в связи с выявившимися хозяйственными потребностями.

Еще труднее обстоит дело с пионерными магистралями, поддерживающими сношение с районами, отдаленными от железной дороги. Сообщения эти происходят почти исключительно верхом и вьюком по лесным тропам, в глухой тайге; однако, и такой способ передвижения не является обеспеченным даже по трактам перво-степенной важности, как, напр., сообщение на Алдан. На значительной части протяжения таких троп просека почти отсутствует и в сумерках всадник легко может зацепиться за ветви или удариться о дерево, нет даже простейших переправ через бурные речки, которые надо переезжать в брод. По пути не хватает зимовьев для ночлега. Люди бывают вынуждены ночевать на льду рек, так как скалы не дают возможности укрепить палатку на берегах. Обледенелые после провалов в тарыны путники обсушиваются и отогреваются у костров на пронзительном ветре и снова едут, переживая ужасные страдания. Даже примитивное строительство —

¹ Инж. П. Цейдлер, Записка о дорожном строительстве Кубанской области, вып. V, Сборн. упр. шосс. дор., Ростов-на-Д., 1918.

устройство просек и зимовьев — поднимет транспорт на прииски в десятки раз.¹

К северу от 60-й параллели в Сибири ездят на оленях и собаках, запряженных в легкие сани — нарты (фиг. 37 и 38). На нартах ездят не только по снегу, но и по незамерзшим болотам.



Фиг. 37. Езда на оленях в Сибири.

Кавказ имеет около 4 000 км шоссейных дорог, около 17 000 км грунтовых дорог и горных троп, устроенных в свое время, главным образом, по военным соображениям. Для экономического развития края эта сеть совершенно недоста-



Фиг. 38. Езда на собаках в Сибири.

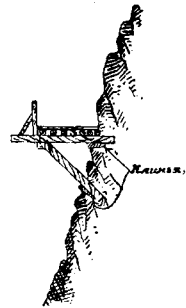
точно; целые населенные области, как, напр., Горный Дагестан, остаются периодами совершенно отрезанными от остального мира и недоступными даже для доставки нехватящего на местах продовольствия. Есть горные аулы, к которым даже доставка питьевой воды из долины по горной тропе происходит с величайшими

¹ Записка инж. *Н. Босенко* об исследованиях Якутской области.

и затруднениями. Почтовое сообщение на расстояние 100 — 200 км требует месяца и двух, времени, достаточного, чтобы провезти письмо вокруг земли. Не приходится говорить, в каком положении находится использование естественных богатств.

В Туркестане, при громадной территории в 2 миллиона кв. км, почти равной всей Западной Европе, имеется 130 км шоссе и 3 300 государственных грунтовых дорог, а всего, с проселочными, 56 000 км. Во многих областях до сего времени почти единственным способом передвижения остаются караванные дороги. Только в пределах оазисов и городов кое-где существуют доступные для колесного сообщения на арбах дороги; вне оазисов никаких дорог нет, а есть лишь караванные пути. Караван состоит из нескольких десятков, иногда нескольких сотен верблюдов, которые связаны друг с другом; каждый верблюд несет около 250 — 300 кг клади. Пролегая на сотни верст по пустыням, караванные пути придерживаются колодцев.

Горные дороги Туркестана и Кавказа, по которым поддерживается сообщение между населенными пунктами, в большинстве случаев представляют узкие, иногда едва заметные, верховые тропы, пролегающие вдоль ущелий. Извиваясь по контрфорсам и осыпям, тропинка то спускается к руслу потока и пересекает его, то круто поднимается на несколько десятков метров, лепится по косогорам и карнизам над страшными обрывами, нередко по скользким ступеням, высеченным в скале. В подобных местах животных развьючивают и груз несут на руках. К такой же мере приходится прибегать, когда тропы проходят по так называемым балконам (фиг. 39).



Фиг. 39. Проложение тропы на крутом обрыве посредством балкона.

Тропа, идущая по крутому косогору, или карнизу, над страшной пропастью, вдруг преграждается отвесной скалой. Для обхода препятствия в углубления в скале вбиваются колья и на них из жердей и хвороста настилается помост, шириной около 1 метра (фиг. 39). По этим, колеблющимся под ногами путника, балконам, висящим над пропастью, приходится обходить отвесную скалу. При малейшей неосторожности, балконы представляют огромную опасность не только для животных, но и для людей. Иногда приходится идти по ступеням, высеченным во льду, поддерживая скользящих лошадей веревками.

Движение по горным дорогам крайне затруднительно и совершается очень медленно, иногда не более 10 — 15 км в день. Пролегающие по высоким местам горные тропы доступны не более трех месяцев в году. В сентябре высокие горы покрываются новым снегом, начинаются метели и бури, и сообщение прекращается.

§ 26. Значение хороших дорог. Хотя выгоды, приносимые хорошими дорогами, и потери от плохих очевидны, но вопрос этот, все же, заслуживает, чтобы на нем несколько остановиться. Улучшение состояния дорог может доставить выгоды:

а) экономические — 1) удешевление стоимости перевозок, расширение рынка сбыта и понижение цен на продукты потребления, 2) развитие добывающей и обрабатывающей промышленности и в связи с этим общий подъем хозяйства области;

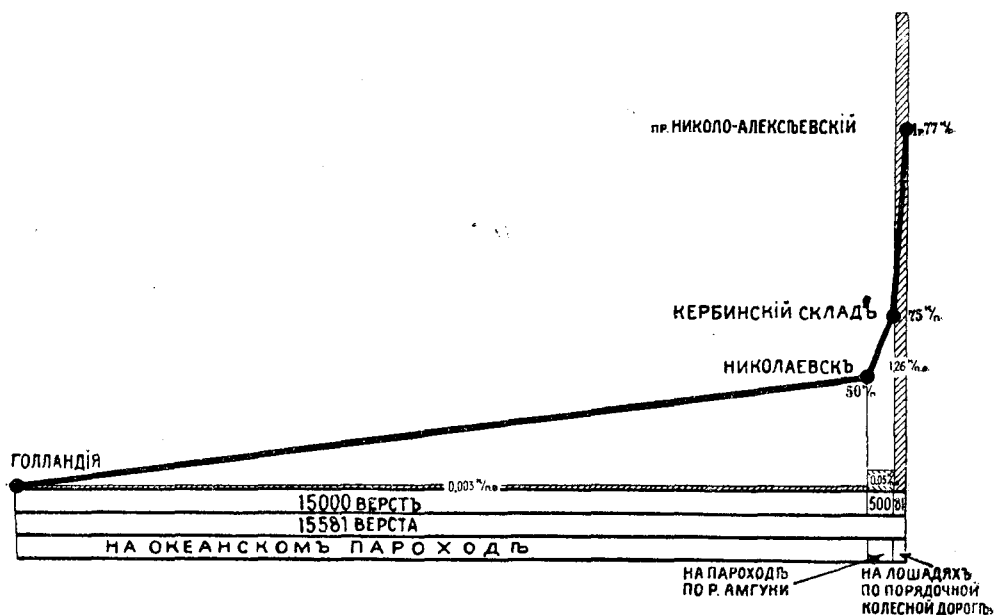
б) общественные — 3) улучшение условий жизни в деревне и в городе, 4) поднятие культурного уровня населения.

Удешевление стоимости перевозок с улучшением дорог является следствием увеличения производительности единицы перевозок.

При переходе от тропы к дороге мы увеличиваем нагрузку на лошадь с 80 до 400 кг; при переходе от плохой неулучшенной грунтовой дороги к шоссе с 400 до 1000 кг на лошадь (см. табл. № 1 на стр. 10).

Чем больше размер грузооборота, тем более сбережения на перевозке по хорошей дороге и тем более оправдывается затрата капитала на постройку.

О том, насколько велика экономия, доставляемая улучшением дорог, можно судить по многочисленным примерам.

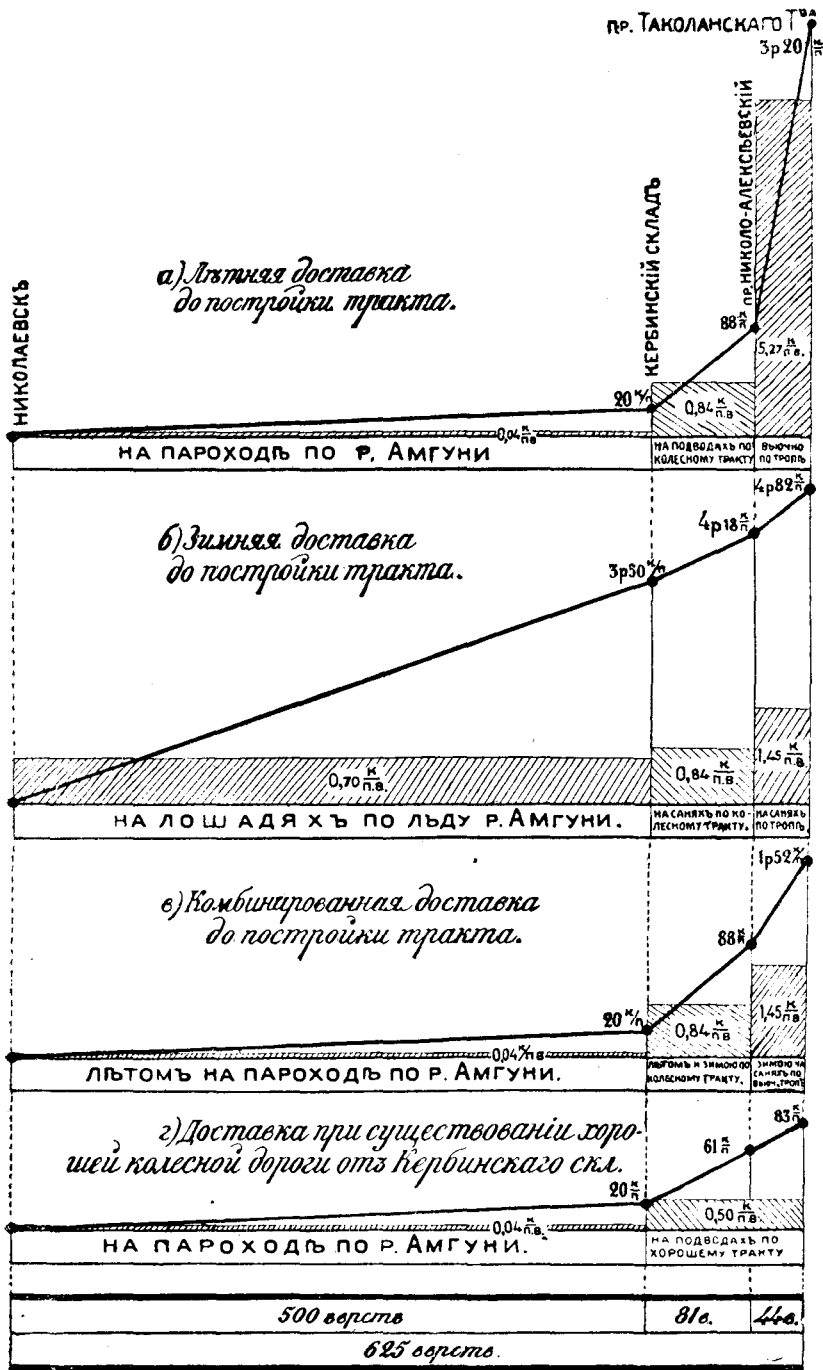


Фиг. 40. Стоимость перевозки $7\frac{1}{2}$ фут. драги (весом 16 000 пуд. ценою 100 000 руб.) летом 1910 г. из Голландии на Николо-Алексеевский прииск Амгунской К^о (в коп./пуд. и коп./пуд. вер.).

На станцию Суджа, Курской губ., ежегодно подвозится до 2 700 вагонов хлеба. Считая среднее расстояние подвоза 20 км и обычную стоимость подвоза на такое расстояние с грузом в 400 кг в 2 руб., стоимость подвоза выражается ежегодной суммой около 200 000 руб. Если бы этот же груз перевозился на шоссе, [то приклади 600 — 800 кг на подводу получилась бы экономия около 80 000 руб. в год, — для одной только станции.

Иллюстрацию такого же соотношения стоимости перевозок дают диаграммы фиг. 40 и 41, относящиеся к условиям доставки орудий и продуктов на золотые прииски в Дальневосточном крае.¹

¹ Примеры эти взяты из составленной инженером П. П. Чубинским записки к проекту Николаевской магистрали.



Фиг. 41. Фракты для грузов Амгунской К⁰ в к/пд. и к/пд. вер.

На фиг. 40 изображена стоимость перевозки драги (машины, наподобие землечерпательной, служащей для промывки золотоносных песков) из Голландии в Приамурье, на прииски. Драга весит 265 тонн и стоит 100 000 руб. Перевозка из Голландии, кругом всего Старого света, до Николаевска на Амуре производится на океанском пароходе и обходится, за расстояние 16 000 км, всего по 50 коп. с пуда. Далее приходится везти драгу, на 500 км, на небольшом речном пароходе, вверх по реке Амгуни (см. карту фиг. 12 на стр. 31). Здесь за 500 км надо уплатить 25 коп. за пуд. Наконец, за перевозку всего на расстоянии 81 км, на лошадях по дороге, приходится заплатить 1 руб. за пуд, т. е. *в два раза дороже, чем за перевозку из Голландии на Дальний Восток*. Следует отметить, что эта дорога *сравнительно хороша*, и фрахт по 1,3 коп. с пудоверсты или по 80 коп. за т. км относительно невелик.

Если бы дорога была плохой, то фрахт (при перевозке вьюком, как это имеет место для других приисков) был бы не 1,3 к., а 7 к. с пудоверсты, т. е. по 4 р. 20 к. за т. км, или 5 р. 60 к. за перевозку пуда на 80 км, т. е. *в 11 раз дороже, чем за доставку из Голландии до Николаевска, на расстояние 16 000 км*. Вся перевозка драги обошлась бы водой 12 000 руб., а по дороге 91 000 руб., всего 103 000, что *удвоило бы стоимость машины* (со 100 до 203 000 руб.) и сделало бы невозможной ее применение. Существование удовлетворительной дороги, всего на 80 км, понижает стоимость машины с 203 000 руб. до 128 000 руб.

Прииск, на который доставлялась упомянутая драга, находится в благоприятных условиях, будучи соединен хорошей дорогой с рекой.

Стоимость доставки алмазного бура, весом 13 т, из Америки (Чикаго) во Владивосток, на расстояние 10 000 км стоит 1 р. 34 к. за пуд. Доставка на лошадях за 100 км, при отсутствии колесной дороги, обходится 7 руб. с пуда, т. е. 420 руб. за т.

Диаграммы фиг. 41а, б, в, г, представляют условия снабжения приисков продуктами. Из фиг. 41а, представляющей доставку летом, видно, что тогда как доставка на речном пароходе стоит 0,04 к. с пудоверсты, стоимость перевозки по колесной дороге 0,84 к. за пудоверсту, а по вьючной тропе доходит до 5,3 коп. с пудоверсты, т. е. стоит *слишком в шесть раз дороже, чем по удовлетворительной колесной дороге*. Фиг. 41б представляет стоимость *зимней доставки*, на санях на всем пути, сначала по льду, по реке, а затем по дороге и по тропе. Доставка зимой обходится 4 р. 82 к. за пуд, что, в общем, стоит дороже летней перевозки (3 р. 20 к. за пуд), так как, по реке, перевозка на санях по льду дороже, чем на пароходе. Поэтому, фактически, производится *комбинированная доставка* (фиг. 41в)—часть пути грузы проходят летом на пароходе, затем ожидают зимы на складе и, наконец, остальную часть делают на санях. При такой комбинированной доставке стоимость перевозки уменьшается до 1 р. 52 коп., но зато увеличивается на несколько месяцев время доставки продуктов. При таких условиях, чтобы иметь рабочих на приисках, надо сразу доставить туда продукты на целый год, а это создает монополию только для крупного капитала.

При устройстве хорошей колесной дороги (фиг. 41г) надобность в комбинированной перевозке отпадает, стоимость доставки падает до 83 коп., т. е. почти вдвое, по сравнению с существовавшей до настоящего времени. Закупки провианта вперед на целый год не требуется и промышленность требует меньшего оборотного капитала.

Приведенные примеры достаточно убедительно иллюстрируют, какие колоссальные сбережения могут дать хорошие дороги. По произведенным

примерным подсчетам, потеря от дороговизны подвоза для населения одной губернии выражалась ежегодно в сумме от 2 до 10 миллионов рублей¹. Следовательно, для всего СССР прямая потеря от бездорожья должна *ежегодно* выражаться в *сотнях миллионов рублей* и составляет, таким образом, видную долю народного труда.

Еще в 1870 г. инженер Е. Головачев в очень интересной книге „Об устройстве земских дорог и отношении их к железным путям для развития производительности России“ исчислял убытки от плохого состояния наших гужевых дорог в 350 млн. руб. ежегодно. В 1914 г. председатель Московск. губ. земск. управы А. Е. Грузинов исчислял эти убытки в 400 млн. руб. Эта цифра скорее преуменьшена, нежели преувеличена. Грузооборот наших железных дорог составляет 150 млн. тонн. Если принять гужевой грузооборот равным этой цифре (имея в виду, что хотя часть грузов, напр., уголь, поступает прямо в вагоны, но зато дороги обслуживают грузы и не попадающие на железные дороги) и считать потерю от плохого состояния дорог, включая порчу лошадей, экипажей и проч., в 20 — 25 к. за *т. км*, то, при среднем расстоянии перевозки гужом в 15 — 20 *км*, получим общий размер *убытка* около 500 миллионов рублей ежегодно.

Неимоверный размер этих потерь не подлежит сомнению; однако, следует оговориться, что когда делают такие подсчеты и когда от отдельных цифр стоимости перевозки 1 *т. км* по хорошей и по плохой дороге переходят к определению массовых убытков для *полного грузооборота за год*, то иногда, невольно, впадают в преувеличение, делая ряд ошибок, а именно:

1) упускают из виду зимние дешевые перевозки; зимой перевозка на много дешевле, так как нагрузка на сани больше, чем на подводу по плохой дороге; кроме того, стоимость крестьянской лошади зимой дешевле, так как она свободна от полевой работы;

2) стоимость летних перевозок учитывается нередко по наиболее дорогой ставке, соответствующей распутице или периоду уборки хлебов, тогда как при необходимости массовой перевозки грузов летом обыкновенно выбирают для этого более благоприятные моменты.

С другой стороны, есть ряд грузов, массовая перевозка которых совершается именно в неблагоприятное время, напр., доставка бураков (свеклы) осенью на сахарные заводы.

Кроме дороговизны, неменьшее влияние оказывает также и *нерегулярность* перевозок, благодаря которой в редких только случаях сельскохозяйственные продукты могут попасть на рынок во-время, когда на них

¹ См. свод трудов местных комитетов, стр. 14.

является спрос. Осенняя распутица совпадает как раз с временем наибольшего оживления хлебной торговли, когда должна производиться заготовка и отправка зерна к портам. Между тем именно осенью наши грунтовые дороги делаются непроездными и стоимость гужевой подвозки от села до станции настолько возрастает, что делает невозможным вывоз до наступления санного пути. В то же время цены на привозные продукты первой необходимости — соль, керосин и пр., поднимаются на 5—6 коп. за кг и более, из-за прекращения подвоза.

С установлением санного пути начинается усиленная подвозка хлеба к станциям и, как неизбежное следствие, жел.-дор. залежи, достигающие иногда грандиозных размеров: хлеб, подвезенный на станцию в октябре или ноябре, лежит на ней, ожидая очереди отправки, в бунтах, прикрытых нередко только рогожей, до марта и даже мая.

Скопление грузов на железных дорогах, в свою очередь, заставляет их напрягать эксплуатацию до крайних пределов и доводить количество подвижного состава и развитие путей и товарных устройств на станциях до размеров совершенно не оправдываемых средним движением в остальное время года; затраты на это усиленное оборудование занимают не последнее место среди причин малой доходности некоторых железных дорог.

Создание новых ценностей. Помимо непосредственного удешевления перевозок, улучшение дорог дает важные экономические результаты, в смысле создания новых ценностей в сельском хозяйстве, добывающей и обрабатывающей промышленности.

Улучшение дорог способствует *интенсификации* сельского хозяйства — доставке искусственного удобрения, возможности разведения технических и плодовых культур, возможности переработки продуктов земледелия и животноводства на местах.

Составляя необходимое условие планомерной колонизации, дороги открывают возможности использования новых территорий для земледелия и животноводства. В области лесного хозяйства проведение зимних и летних дорог открывает возможности правильной эксплуатации нетронутых пока лесных массивов, в частности, вывоза в ближайшие годы перестойного леса.

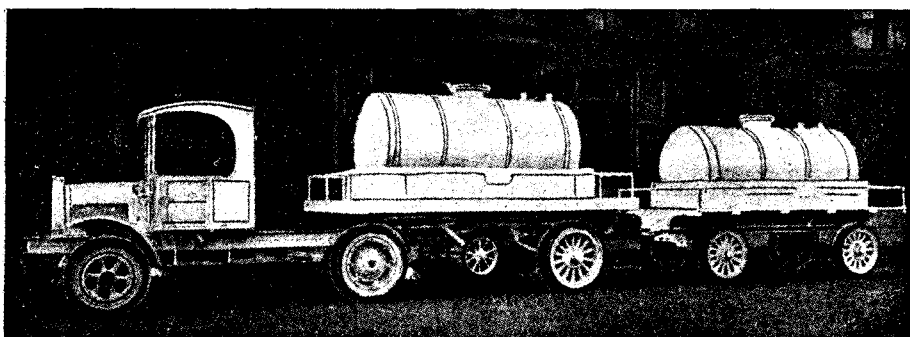
Относительно *добывающей* промышленности приведенные в предыдущем параграфе примеры, касающиеся золотых приисков, говорят сами за себя. Имеется возможность доставить драгу на прииск — можно использовать большие площади золотоносных песков; нет возможности доставить драгу и другие машины — приходится ограничиться примитивными хищническими способами разработки только небольших территорий, с исключительно большим содержанием золота, оправдывающим ручное копанье.

Аналогичные примеры могут быть приведены и для других естественных богатств.

Наконец, и для *обрабатывающей*, фабрично-заводской промышленности, дороги имеют то же значение. Открытие новых фабрик и заводов, для использования тех или других благоприятных местных условий, нередко делается экономически затруднительно, благодаря вызванной бездорожьем дороговизне провоза, как сырья, так и обработанных продуктов.

Проведение хороших дорог, поэтому, дает возможность в широком размере использовать местные природные богатства, которые до этого оставались втуне.

Культурно-социальное значение дорог. Едва ли не самым вредным последствием бездорожья следует считать превращение деревни в медве-



Фиг. 42. Автоцистерна для молока.

жий угол, куда в течение целых периодов жизнь, прогресс и культура всего остального мира, в сущности, почти совершенно не доходят.

Проведение дорог приносит в деревню, прежде всего, самые необходимые, элементарные блага культуры. Становится возможным пользоваться врачебной помощью, школами, почтой, газетой. Получается возможность побывать в ближайшем городе, проявить инициативу и ввести улучшения в хозяйство, или найти новые приложения для своего труда. С другой стороны, и для городской жизни улучшение окрестных дорог имеет значение. Прежде всего улучшается и удешевляется снабжение продовольствием — овощами, молочными продуктами, яйцами. В С.-А. С. Ш. с улучшением дорог и развитием автомобильного транспорта сильно повысилось потребление молока на городского жителя. Это является следствием организации дешевой доставки молока в стерилизованном виде в специальных, выложенных стеклом, автомобильных цистернах (фиг. 42) из отдаленных ферм, расположенных в расстоянии 50 км от города. Но, помимо этого, облегчение возможности для городских жителей побывать



Фиг. 43. Рампа в Трое.

Египетские дороги применялись, между прочим, при постройке пирамид. Так, например, с целью доставки камней для постройки знаменитой пирамиды Хеопса, была устроена дорога от берега Нила на специально для этого сооруженной насыпи, шириной от 14 до 18 м по верху. Над этой постройкой работали, по описанию Геродота, 100 000 человек в течение 10 лет по три месяца в году. Камни для пирамид перевозились по этой дороге на полозьях, которые тащили по деревянным лежням.

Раскопки городов эллинистического мира обнаружили существование дорог в очень ранние эпохи. Одной из древнейших следует считать рампу во II городе Трои: ¹ она построена за 3 000 лет до нашей эры (фиг. 43). На фиг. 44 и 45 представлены найденные в раскопках в Дельфах дороги эллинистической эпохи. ²

Большие города древности: Вавилон, Карфаген, Афины, Рим, — были центрами, от которых лучеобразно во все стороны расходи-

в деревне, в целях ли деловых, в целях лечения, или просто отдыха в природной обстановке, вносит улучшение в условиях жизни в городе, и, вместе с тем, полезно и для деревни.

§ 27. Краткий очерк развития дорожного дела за границей. Государства древности — Перу, Китай, Персия, Египет и др. — имели большие дороги, прорезавшие страну. В древнем Перу были прекрасные дороги, сделанные местами из тесаных камней размером 3 м в стороне. На крутых подъемах дороги устраивались в виде пологих лестниц, что соответствовало перемещению грузов не на колесных повозках, а на вьючных антилопах.



Фиг. 44. Дорога в Дельфах.

¹ Город, описанный в Илиаде, является VI.

² Фотографии раскопок любезно предоставлены проф. Б. В. Фармаковским.

лись дороги (фиг. 46). Сооружением дорог имелось в виду облегчить передвижение войск и обеспечить административные сношения центра государства с провинциями; этими дорогами пользовались и для торговли.

Особенно широкое развитие дорожное строительство получило во времена Римской империи. Дороги, соединявшие Италию со всеми провинциями, представляли к концу существования империи грандиозную сеть протяжением около 60—70 тысяч км, т. е. значительно больше того, чем имеется мощных дорог во всем СССР, и приблизительно столько, сколько имеется железных дорог.

В одном только Риме сходились 29 военных дорог, из числа которых было 16 магистральных (фиг. 46).

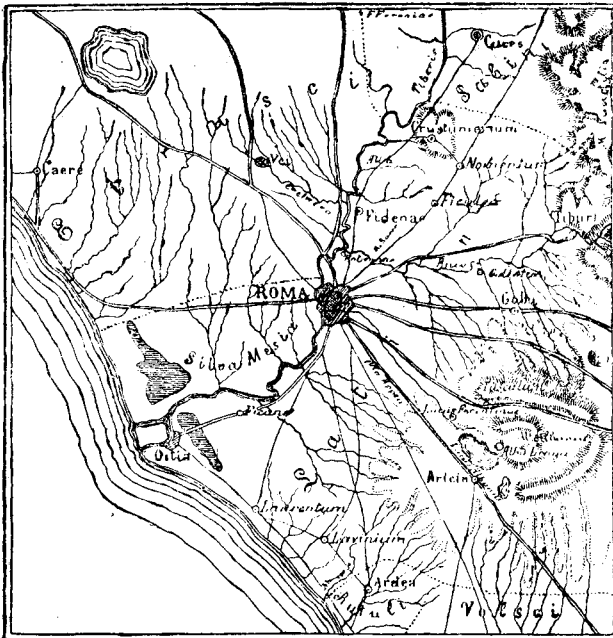
Некоторые из этих дорог доходили до Британии, Испании, до устьев Дуная и т. д. Трассировка дорог подчинялась, главным образом, стратегическим соображениям.

Дороги прокладывались на насыпях, по водоразделам и, вообще, по местностям с далеким, открытым видом на обе стороны, в предупреждение возможного нападения неприятеля. В тех же видах дороги проводились преимущественно по прямым.

Многие из этих дорог сохранились и по настоящее время. Такова, например, Via Appia (см. фиг. 46 и 47), соединявшая Рим с Капуей и пересекавшая Понтийские болота. Это одна из самых старых римских дорог; она была выстроена во времена республики (в 312 г. до нашей эры) Аппием Клавдием. Ее длина от Рима до Капуи



Фиг. 45. Дорога в Дельфах.



Фиг. 46. Узел шестнадцати дорог в окрестностях древнего Рима.

составляла около 200 км — впоследствии, во времена Юлия Цезаря, она была продолжена до Бриндизи (500 км от Рима). Некоторые части этой дороги сохранились до нашего времени в первоначальном виде и служат для езды (фиг. 47).

Вообще говоря, римские дороги и мосты устраивались с долговечностью, неизвестной в настоящее время. Их строили из камня, положенного на растворе. Камень брался частью на месте, частью привозился издалека. Дорога строилась в 4 слоя. Нижний слой (*statumen*) состоял из двух рядов крупных камней, уложенных плашмя на известковом растворе. Сверху этого настился слой камня величиной в кулак (*rudus*), затем слой бетона из камней величиной в орех (*nucleus*) и, наконец, верхний слой гравия с песком (*summa crusta*). Раствор применялся во всех слоях; при проведении дорог по болотам, полотно устраивалось на дубовом настиле, в виде ростверка.



Фиг. 47. Via Appia (римская дорога IV в. до нашей эры).

Дорога (фиг. 48) состояла из трех частей, средняя часть имела в ширину 16 фут. = 4,9 м и отделялась от боковых двумя банкетам по 0,6 м шириной, служившими скамьями для пешеходов. Боковые дороги предназначались для проезда конницы и экипажей, средняя часть для пехоты. По линиям главных дорог, расходящихся от Рима, были выстроены блокгаузы для воинской стражи, особые дома для проезжающих и т. д.

Толщина каменной одежды составляла около 3 фут. = 0,9 м. Таким образом, на км дороги требовалось 10 000 — 15 000 куб. м каменной кладки, и по нынешним ценам стоимость такой дороги должна была бы обходиться 100 — 200 тыс. рублей за 1 км; возможность осуществления таких сооружений объясняется применением дешевого труда рабов и пленных.

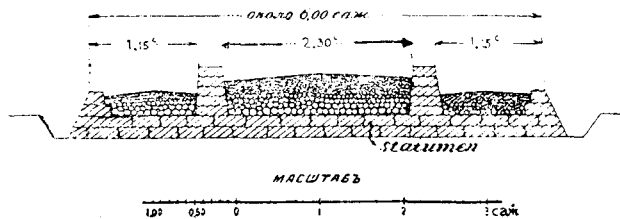
Кроме главных, были дороги и других типов — подъездные пути, полевые дороги, улицы с тротуарами и т. д.

Римские законы, относившиеся к дорогам, легли в основу дорожного права современных государств. Именно в Риме было сформулировано *право общего пользования дорогами*, обязанность постройки и содержания главных дорог за счет государства, а второстепенных за счет магистратов прилегающих местностей и т. д.

В средние века общее падение культуры, беспрерывные войны, разбои и проч. повели к полному упадку дорожного хозяйства. Римские дороги были во многих местах разрушены, в других заброшены и покрылись растительностью. Передвижение совершалось по большей части пешком или верхом, грузы везли вьюком, колесные повозки во многих местностях стали редкостью. Только паломничество и крестовые походы поддерживали некоторые пути, на которых были воздвигнуты каменные мосты и устроены насыпи по болотам и затопляемым местам.

Почти все дороги того времени, соединявшие крупные европейские центры, были грунтовыми. Единственным атрибутом дороги была только отведенная под нее полоса земли (в XVI столетии, во Франции — шириной 18 м). Однако, и эта полоса постоянно подвергалась захватам и залашкам, сужавшим ширину дороги до такой степени, что в некоторых местах с трудом могли разъехаться два экипажа.

Только к концу XVII века появились попытки улучшения дорог. Первые шаги в этом отношении были сделаны во Франции, где особым вниманием правительства пользовались дороги в окрестностях Парижа, по которым доставлялись в город



Фиг. 48. Профиль римской дороги.

припасы и которые также служили для передвижения войск и для придворных поездок.

Известный министр Людовика XIV, Кольбер, энергично взялся за дорожное строительство, организовав постройку мостов в разных местах страны, а также замощение прилегающих к Парижу участков дорог. Кольбер, будучи первым министром и занимаясь крупными государственными реформами, все же находил время входить даже в мелкие детали строительства. „Обратите внимание, — писал он инженеру, — чтобы камень был твердый, правильного размера, и чтобы его сажали на хороший слой песка, не тоньше 8 — 10 дюймов“.

Кольбер был против системы мелкого строительства. „Гораздо полезнее, — писал он, — строить сплошные дороги последовательно одна за другой, по мере их важности, чем разбрасывать мелкие суммы на отдельные кусочки и сооружения, не достигая никаких заметных результатов“.

Таких взглядов держатся многие и в настоящее время. Надо, впрочем, сказать, что принцип постройки больших дорог имеет свои основания с технической точки зрения, однако, полное его осуществление возможно лишь при условии сильной централизации власти, при которой население какого-нибудь отдельного района будет терпеливо ждать, пока и до него дойдет, наконец, очередь приведения дорог в благоустроенный вид. В настоящее время, при развитии местного хозяйства, невозможно удовлетворить население какого-либо уезда, или даже части уезда тем, что в другом уезде, или, быть может, даже в другой области, строятся хорошие дороги, а что лет через 20 — 50 дойдет очередь и до данного места. Поэтому, при-

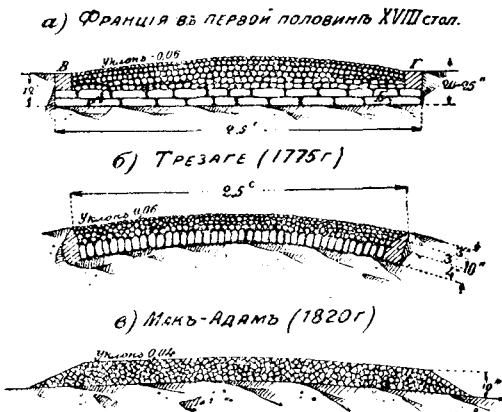
нительно к современным условиям, приходится поневоле разбивать дорожное строительство на постройку отдельных сооружений, разбросанных по разным местам, но не терпящих отлагательства.

С XVIII века дороги во Франции начали улучшаться более систематично; был проведен ряд новых магистралей; эти магистрали трассировались преимущественно по прямым линиям („от колокольни до колокольни“, как говорилось тогда). В те времена это имело свои основания, так как отклонение дороги от прямой, с целью смягчения подъемов, как это делают теперь, все равно не принесло бы большой пользы, вследствие общего плохого состояния дорог и примитивности повозок.

В рассматриваемую нами эпоху (первая половина XVIII столетия) способ устройства дорог из камня носил еще заметный отпечаток влияния римской эпохи. Как показано на фиг. 49а, дорога устраивалась в виде каменного ящика, дно которого составлял ряд камней АБ, настланных плашмя, а бока—бордюрные камни ВГ. В этот ящик насыпался битый камень различной величины—более крупный сыпался

вниз, мелкий сверху. Общая толщина всего устройства достигала 50—65 см, т. е. вчетверо более того, что делается теперь.

Несмотря на такую значительную толщину каменного покрытия дороги были, по большей части, в плохом состоянии. Колеса прорезали верхний, плохо связанный, слой, оставляя колеи по всей длине; дождевые воды, проникая внутрь полотна, разжижали грунт и вызывали просадку камней нижнего слоя. Ежегодно, весной и осенью, такие дороги исправлялись досыпкой камня в верхних слоях, чем и объясняется их значительная толщина. Все устройство дороги было чрез-



Фиг. 49. Устройство шоссе в XVIII и начале XIX века.

вычайно дорого и не достигало хороших результатов; возможность постройки дорог такого типа в значительной степени была обременена тогда все еще дешевому крепостному труду.

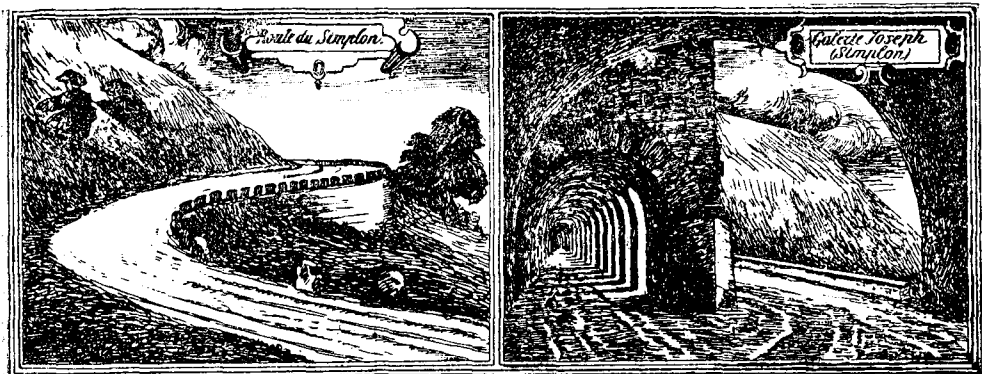
К концу XVIII столетия (в 1775 году) инженер Трезаге предложил новую систему постройки дорожной одежды, более дешевую и рациональную. Нижний слой дороги Трезаге предложил строить (фиг. 49 б) из камней, поставленных на ребро, а не плашмя, как это делалось прежде. Вместе с тем, земляной поверхности дна ящика придавалась цилиндрическая форма, чем достигался лучший отвод воды, а также устройство нижнего основания в виде как бы каменного свода. Верхний слой дороги устраивался из мелкого отборного камня, большой твердости, иногда привозившегося из далеких карьеров. Преимущество системы Трезаге состояло в большей прочности дороги и, одновременно, в ее удешевлении, так как общая толщина каменной одежды уменьшилась с 50 до 25 см, т. е. почти вдвое. Это имело тем большее значение, что, к тому времени, крепостным трудом уже нельзя было больше пользоваться.

Несмотря на эти улучшения, к началу XIX столетия в Европе и, в частности, во Франции, дороги находились все же в очень плачевном состоянии. Так, инженер

Клермон в 1793 году, описывая состояние дороги, идущей из Парижа в Лилль, говорил: „Представьте себе дорогу, состоящую из неровных обулыженных камней с восемью глубокими колеями по всей ее длине и, кроме того, в нескольких местах перерезанную рытвинами всевозможных размеров, расположенными так, как будто кто-нибудь ездил поперек дороги. Состояние дороги таково, что могут сломать ногу лошади, даже идущие шагом, а экипажи рискуют опрокинуться или разбиться“.

В 1797 году, на большой Фландрской дороге, в небольшом расстоянии от Парижа, имелась лужа, длиной в 600 м; экипажи сворачивали с дороги, чтобы объехать это место. Одна карета рискнула поехать по дороге прямо; потребовалось 12 часов, чтобы проехать это место; на пути встречался целый ряд брошенных поломанных дилижансов и повозок.

В таком же положении были дороги и в других странах. Исправление дорог в Англии, в начале XIX века, состояло в том, что дороге, изборожденной колеями,



Фиг. 50. Симплонская дорога (1800).

придавалась, путем досыпки камня, выпуклая цилиндрическая поверхность, причем выпуклость была настолько велика, что имела почти характер полукруга. Такое состояние продолжалось, впрочем, только от весны до осени, когда поверхность дороги, под влиянием езды и дождей, снова становилась неровной.

Сильный толчок дорожному строительству дал Наполеон I, выстроивший целый ряд дорог от центра Франции к ее границам, предназначавшихся для быстрого передвижения армий. Среди этих дорог заслуживает, между прочим, быть отмеченной Симплонская дорога, проходившая через Альпы и соединявшая Францию с Италией. Этой дорогой пользовались еще римляне, затем бургунды, лангобарды, крестоносцы и пилигримы. В 1800 г. Наполеон приказал привести ее в состояние, годное для передвижения артиллерии. Дорога строилась шесть лет генералом Сэар (Сéард), причем был возведен целый ряд смелых сооружений, среди которых упомянем галерею Иосифа, предназначенную для защиты от снежных лавин (фиг. 50).

Прогресс в дорожном строительстве стал особенно заметным после распространения новых идей, впервые высказанных шотландским инженером Мак-Адамом.

Мак-Адам родился в 1756 году в городке Аур, в Шотландии. Свои юношеские годы он провел в Америке, а 27 лет вернулся в Шотландию и сделался заведую-

щим дорогами в родном округе Ayrshire. С тех пор и до самой смерти (он умер в 1836 г. — 80 лет от роду), в течение слишком 50 лет, он занимался исключительно дорожным делом.

Постоянные наблюдения Мак-Адама над состоянием разных дорог и широкий опыт в деле постройки шоссе привели его к выработке совершенно нового типа шоссейной одежды.

Мак-Адам нашел, что прежняя система (фиг. 49 а и б), состоявшая в вырытии земляного ящика, внизу которого укладывались большие камни, излишне дорога и недолговечна. На основании своих наблюдений он пришел к заключению, что *всякая грунтовая дорога, в сухом состоянии, способна выдержать действие даже сильного проезда, но только при условии отвода воды и защиты верхнего слоя от непосредственного воздействия колес.*

Исходя из этого, Мак-Адам предложил устраивать щебеночную одежду не в выемке в виде ящика, как это делалось до сих пор, а, наоборот, на *полотне, слегка возвышенном над поверхностью земли.* Для лучшего обеспечения отвода воды полотну следует придавать выпуклость, а с боков должны быть устроены канавы (кюветы).

Каменную одежду Мак-Адам предложил устраивать только из слоя щебня (фиг. 49 в), без нижнего слоя камней. Щебенки должны быть остроугольной кубической формы и, по возможности, однородной величины, около 4 см в стороне (около 6 унц. веса, т. е. 170 гр). Такой щебень, уплотняясь под действием проезда экипажей, обращается в плотную и непроницаемую для воды каменную кору, предохраняющую земляное полотно от размягчения. С течением времени щебеночная одежда, разумеется, подвергается износу под действием проезда. *Этот износ должен своевременно исправляться систематически организованным ремонтом.*

Свои взгляды Мак-Адам проводил как на опыте (в разгар его деятельности под его руководством работало по постройке дорог около 300 дорожных мастеров), так и в целом ряде печатных мемуаров, получивших широкое распространение не только в Англии, но и в других странах Европы и Америки.

Не все высказанные Мак-Адамом принципы оказались вполне справедливыми, и не все, поэтому, удержались на практике, но, тем не менее, значительная часть высказанных им впервые идей легла в основу современного дорожного строительства во всем свете.

Главной заслугой Мак-Адама, несомненно, было удешевление устройства шоссе, благодаря уничтожению нижнего каменного слоя и *уменьшению толщины слоя щебня* до минимального размера — 15 см. Существенное значение имело также выяснение важной роли *отвода воды* от полотна дороги и необходимости организовывать *постоянный ремонт.* Это последнее делает полотно современной шоссейной дороги, по условиям работы, схожим с железнодорожным рельсовым путем, который также не представляет собой капитального сооружения, а поддерживается посредством постоянного исправления повреждений от прохода поездов и влияния атмосферных деятелей. Дешевизна постройки и сравнительно дорого стоящий систематический ремонт — это основа современных дорожных сооружений, в отличие от древних дорог, которые устраивались капитально, но не требовали никакого ухода.

С начала XIX столетия развитие протяжения сети шоссейных дорог в разных странах Европы пошло быстрыми шагами вперед. Несмотря на то, что в 40-х годах прошлого столетия появились железные дороги, постройка шоссе все же не приостановилась, а только значение их приобрело другой характер.

Железные дороги вызвали небывалый до тех пор подъем торговли и промышленности и усиленный оборот грузов. Этот оборот создал потребность в усиленном подвозе грузов к станциям (см. фиг. 1, на стр. 9), что и повлекло за собою постройку целого ряда шоссейных *подвездных путей*.

В самом деле, относительное протяжение железных и шоссейных дорог в разных странах Европы, к началу XX столетия, представляется п таком виде:

ТАБЛИЦА № 5.

СТРАНЫ.	Жел. дор.	Шоссе	Отношение протяжения шоссе к жел. дор.
	Тысячи километров		
Франция	54	585	10 : 1
Англия	37	256	7 : 1
Германия	58	265	4,5 : 1

Таким образом, постройка каждого километра железной дороги сопровождалась постройкой 5 — 10 км шоссе.

Этот рост шоссейной сети, в течение XIX столетия, повлек за собой всестороннее улучшение дорожной техники и хозяйства. В отношении щебеночной одежды принципы, данные Мак-Адамом, получили дальнейшее развитие. Первое существенное улучшение было достигнуто в 1834 г. французским инженером Полонсо, предложившим уплотнять шоссейную кору *искусственно*, с помощью тяжелых цилиндрических *катков* (фиг. 35, стр. 48), а не действием одного проезда экипажей, как было раньше. Искусственная укатка избавила проезжающих от порчи лошадей, каменный материал стал лучше сохраняться и шоссе достигли той монолитной гладкости и непроницаемости для воды, которыми, при надлежащем устройстве и содержании, они отличаются в настоящее время. Толщина шоссейной коры стала в строгое соответствие с действительной потребностью; при среднем проезде и хорошем грунте была установлена минимальная толщина 13 — 15 см. Для движения тяжелых экипажей (особенно в последнее время, с появлением грузовиков), а также при слабом грунте дороги, выяснилась необходимость в устройстве под шоссейной корой особого, солидного, *каменного основания*.

Принцип правильного ремонта одежды, установленный Мак-Адамом, развился в целые системы дорожного хозяйства, продуманные во всех деталях. Первую половину XIX столетия преобладала т. паз. система *частичного, или непрерывного ремонта*, состоявшая в немедленном исправлении каждой, более или менее значительной, неровности на поверхности одежды. Этот непрерывный ремонт производился вручную, постоянным персоналом дороги (шоссейными сторожами и ремонтными артелями). Для успеха такой системы необходимо было создать прочные кадры линейных служащих, хорошо обученных и привязанных к месту своей службы; до особенно высокого уровня был доведен персонал французских шоссе. Во второй половине XIX столетия получила развитие и другая система — *сплошного, или периодического ремонта*, при которой каждый год ремонтируется сплошь известная доля шоссе (напр., раз в 5 лет — $\frac{1}{5}$ протяжения), с добавлением нового

материала, взамен изношенного. Такой прием ремонта сразу целого участка, во избежание серьезной помехи движению, должен производиться быстро и требовать или применения большого числа рабочих, или, как это вызвано дороговизной труда, замены рабочих машинами. Это и послужило толчком к широкому развитию к началу XX столетия, механических *дорожных снарядов* — паровых и моторных катков, кирковщиков, передвижных камнедробилок и грохотов, грязеочистителей и т. д.

В том же направлении изменились и приемы добывания камня в карьерах и доставки его на место работ. Благодаря развитию железнодорожной сети, морского и речного судоходства получилась возможность доставлять камень на большие расстояния и сосредоточить его добывание в работающих на большие районы *крупных каменоломнях*, богато оборудованных буровыми машинами, кранами, элеваторами и канатно-проволочными дорогами для извлечения и погрузки камня, мощными камнедробильными заводами для бойки щебня и т. д. Особое развитие получили также методы предварительного испытания доброкачественности каменного материала в отношении его сопротивления раздроблению, истиранию и выветриванию, в связи с чем возник целый ряд *специальных лабораторий*.

Новый толчок прогрессу в деле устройства шоссе был дан, в начале XX столетия, появлением *автомобилей*, совершенно изменившим значение шоссейных дорог, благодаря открывшейся возможности ездить со скоростью 60—100 км в час и поднимать грузы до 3—5 т на одном экипаже.

Общее число автомобилей в последнее время стало возрастать с необыкновенной быстротой: так, число автомобилей составляло:

Во Франции

в 1900 г. — 2 900	в 1914 г. — 100 000
» 1905 » — 21 300	» 1920 » — 135 000
» 1910 » — 53 700	» 1922 » — 236 150
	» 1926 » — 735 000

В С.-А. С. Ш.

в 1903 г. — 40 000	в 1920 г. — 10 505 000
» 1908 » — 245 000	» 1922 » — 12 357 000
» 1914 » — 1 785 000	» 1924 » — 17 952 000
	» 1927 » — 22 000 000

В Англии к 1912 г. автомобилей было около 90 тысяч, в 1922 г. до 250 тысяч, а в 1926 — 900 000. В СССР в 1925 г. — 18 000.

Общее распределение автомобилей, по категориям, к началу 1926 г. представляется в следующем виде:

	Легковых автомоб.	Автобусов	Грузовых автомоб.	Всего	Всего автомоб. на 1 000 жит.
С.-А. С. Ш.	17 460 000	58 000	2 400 000	19 918 000	175
Англия	661 000	18 000	224 000	903 000	20
Франция	450 000	35 000	250 000	735 000	18
Германия	215 000	500	107 000	322 500	5
Италия	78 000	4 700	32 000	114 700	4
СССР ¹	9 100	1 000 ²	8 500	18 700	0,11

¹ На 1 января 1925 г.

² В том числе и специальных автомобилей.

Новый тип двигателя изменил условия работы дорожного полотна и потребовал соответственного изменения типов его конструкции. Прежние дороги из щебня, сцементированные только путем укатки и рассыпки мелочи, вполне удовлетворяли потребностям конного движения, но оказались недостаточно прочными для автомобилей. Шоссе, которые выдерживают конное движение без ремонта в течение 3—4 лет, от сильного автомобильного движения расстраиваются в один год.

Вначале, когда автомобили служили, главным образом, предметом роскоши и спорта, прежде всего обратила на себя внимание пыль, которая была особенно неприятна на курортах и в других местах, где публика привыкла ценить чистый воздух. Первые опыты борьбы с пылью были произведены в Ницце. Эти опыты состояли в поливке шоссе каменноугольной смолой (фиг. 51); они показали, что такая поливка, или, как ее называют, *гудронаж*, в течение довольно долгого вре-



Фиг. 51. Поливка шоссе смолой.

мени, именно нескольких месяцев, способна почти совершенно предохранять шоссе от появления пыли и образования грязи. После такой поливки поверхность шоссе делается ровной, эластичной и водонепроницаемой, быстро просыхает после дождя или небольшого снега и, вообще, остается защищенной от внешнего воздействия, наподобие того как, например, поверхность дерева защищается слоем лака. Далее оказалось, что, благодаря поливке, уменьшается взаимное истирание отдельных щебенков и что, вообще, благодаря *сцепляющей* силе смолы, *пропитанная* ею *кора лучше сопротивляется расстройству* от проезда автомобилей.

От *поверхностной поливки* постепенно перешли к *постройке* дорог из камня и смолы.

В С.-А. С. Ш. за последние годы получили особое распространение дороги из асфальтового бетона, представляющего смесь естественного асфальта с песком и мелким щебнем. Эти дороги оказались достаточно эластичными, прочными и водонепроницаемыми при всяких климатических условиях и при сильном автомобильном движении. Применение каменноугольной смолы и естественных асфальтов в качестве дорожностроительных материалов потребовало новых приемов про-

изводства работ, предварительного испытания и обработки смолы и т. д. Разработка этих вопросов составляет в настоящее время очередную задачу дорожной техники в Западной Европе и Америке; для изучения этого дела создан целый ряд опытных участков, специальных лабораторий, а в Америке даже специальных учебных заведений — институтов дорожного дела.

Одновременно с шоссейной одеждой получили некоторое, хотя значительно меньшее, развитие и другие типы устройства дорожной одежды. Так, укажем на брусчатую каменную мостовую (фиг. 31, на стр. 40), получившую применение на некоторых французских дорогах; на мозаичную мостовую (фиг. 32, на стр. 46), примененную впервые в Германии, в Ганноверском округе, в 80-х годах; поводом к устройству этой мостовой было исчерпание почти до конца естественных запасов валунного камня в окрестностях ганноверских шоссе и возникшая, вследствие этого, необходимость сократить расход каменного материала для ремонта. Отсутствие камня вызвало в Америке широкое применение кирпичных мостовых (клинкерных), доведенных к 1910—1915 гг. до высокой степени совершенства. В 1926 году производство клинкерного кирпича для мостовых в Америке достигло двух миллиардов штук.

За последние годы большое распространение в С.-А. С. Ш. начали получать *бетонные дороги*. При отсутствии конного транспорта, подков, шипов и железных шин и при проезде только резиновых, к тому же по большей части пневматических шин, бетонные дороги оказываются прочными даже для наиболее интенсивного проезда: 1 000 — 2 000 автомобилей в час. Вместе с тем бетонные дороги представляют идеально ровный и спокойный путь для движения с большой скоростью, 80 км и выше, легко содержатся и могут быть предохранены от пыли покрытием гудрона и др. составами. Производство работ по постройке бетонных дорог полностью механизировано, щебень, цемент и песок подвозятся поездами по временной рельсовой колее, перемешивание производится бетоно-мешалкой, настилка, трамбовка и разглаживание бетонной одежды производится специальной машиной (фиг. 52). Наконец, заслуживает быть отмеченным возникший в XX столетии в Соединенных Штатах совершенно новый способ устройства и ремонта грунтовых дорог при помощи машин (§ 18, фиг. 28 и 29, на стр. 44 и 45), а также устройство гравийной одежды для дорог со слабым и средним движением.

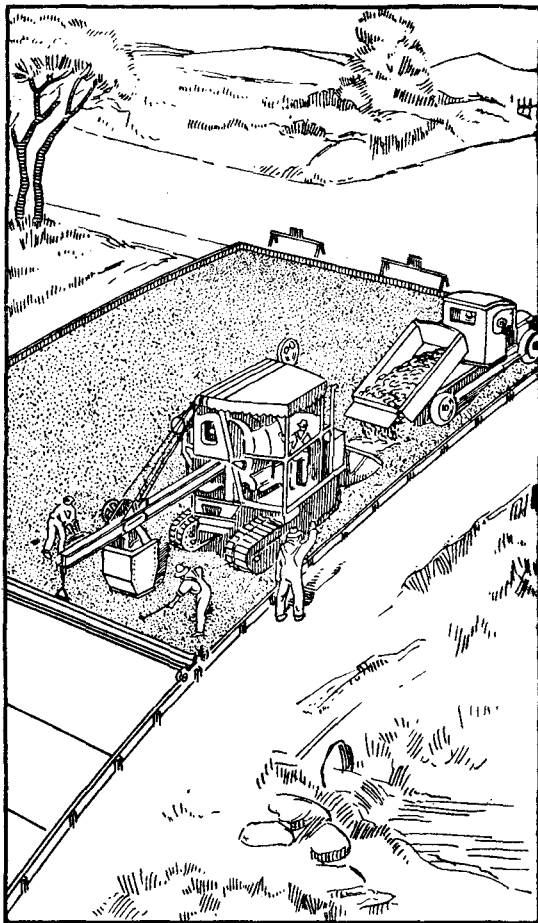
В общем, развитие автомобильного транспорта дало в С.-А. С. Ш. за последние два десятилетия колоссальный толчок дорожному строительству, как видно из следующих данных:

Общее протяжение улучшенных дорог в С.-А. С. Ш.	1904		1914		1924	
	км	%	км	%	км	%
В том числе:						
Гравийных и грунтовых . .	185 000	75	286 000	69	510 000	68
Обыкновенных шоссе	62 000	25	105 000	25	96 000	13
Шоссе улучшенного типа (гудронированных, бетонных и т. д.)	235	0	24 000	6	145 000	19
Всего улучшенн. дорог .	247 235	100	415 000	100	751 000	100
или, принимая 1904 г. за 100 .	100	—	168	—	305	—

Следовательно, за 20 лет выстроено 500 000 км улучшенных дорог, причем существующая сеть *утроилась*. Расходы на дорожное строительство достигли в 1926 г. четырех миллиардов рублей в год. Дорожностроительная промышленность стала на одно из первых мест среди других отраслей народного хозяйства С.-А. С. Ш.

Со второй половины XIX столетия большое внимание было отведено изучению и учету движения на шоссейных дорогах. Были выработаны, вначале во Франции, а затем и в других странах, особые приемы наблюдения и учета движения различных родов экипажей, лошадей, автомобилей, велосипедов, пешеходов. Была выяснена тесная зависимость между ожидаемыми размерами движения и техническими условиями, которым должно удовлетворять сооружение дороги и, в частности, величиной предельного подъема. Инженерами Лаунгардтом в Германии,¹ Durand Claye и Favier во Франции² были положены основы *экономики* трассирования шоссейных дорог, аналогично соответствующей теории для железных дорог.

Еще с самого начала XIX столетия во всех странах было обращено особое внимание на нормировку подвижного состава, обращающегося на дорогах, в отношении предела нагрузки на колесо, и наименьшей ширины обода, допускаемой с точки зрения предупреждения разрушения шоссейной одежды. Начавшееся в XX столетии возрастание интенсивности движения на дорогах, повышение скорости и увеличение размеров и нагрузок экипажей вызвало новые вопросы — регулирование проезда, ограничение предельных размеров подвижного состава и приспособление пути. Современная дорога должна обеспечивать безопасность при массовом движении автомобилей, идущих с разными скоростями, от 15 до 80 км в час. Разрешение этой задачи потребовало установления технических правил движения, установления



Фиг. 52. Машинное устройство бетонной дороги.

¹ Launhardt, Theorie des Trassierens, Hannover, 1887.

² См. Durand-Claye, Cours de routes, Paris, 1913, стр. 116.

на некоторых участках предельных скоростей, надзора и управления этим движением в пунктах пересечения и скопления машин, международной системы сигналов, проведения средней линии, отделяющей два пути, обеспечения видимости на закруглениях (§ 68), пересечениях и в застроенных местах и т. д. Вместе с тем стали более серьезными вопросы взаимодействия пути и подвижного состава при больших скоростях и нагрузках. Ширина проезжей части, устройство пути на закруглениях, переломах уклонов и т. д. стали предметом научного исследования и расчета; с другой стороны, предельные величины нагрузки и предельные скорости автомобильных экипажей начинают подвергаться ограничениям, в зависимости от рода шин (пневматики, сплошные резиновые, железные) и от типа дороги.

Появились и другие эксплуатационные вопросы — о концессиях на автобусное движение, об устройстве рельсовых путей для второстепенных железных дорог и трамваев на дорожной полосе (сеть таких дорог получила особое развитие в Бельгии) и т. д.

Наконец, целый ряд вопросов, связанных с дорожным законодательством, в частности, с финансированием дорожного хозяйства, разрешался различным путем в течение XIX и начала XX столетия. В первой половине XIX столетия преобладало государственное шоссе хозяйство. Во второй половине появилась общая тенденция признать шоссе дорогами местного значения и, в соответствии с этим, передать заведывание ими целиком в руки местного самоуправления. Государство, однако, в разных формах оказывало широкую денежную помощь органам местного самоуправления, на предмет дорожного строительства, имея в виду достигаемый развитием дорожной сети значительный подъем благосостояния местного населения, а в связи с ним — торговли, промышленности и хозяйства всего государства. В самые последние годы, перед войной, появилась совершенно новая тенденция — взять дороги снова в руки государства или, по крайней мере, объединить их в крупных областных хозяйствах, дабы достигнуть однородности и высокого уровня техники, необходимых для вновь появившихся автомобильных артерий большого протяжения.

Вопросы, входящие в круг дорожной техники и хозяйства, чрезвычайно расширились; потребовалось как производство систематических опытов, так и теоретическое изучение новых приемов постройки и содержания дорог. Необходимость в широком обмене мнений по этим вопросам между техниками разных стран вызвала к жизни Международные дорожные конгрессы.

В этих конгрессах принимают участие представители всех стран мира; труды конгрессов представляют наиболее полную литературу по вопросам дорожного дела.¹

Все конгрессы делились на две секции: I. Постройка и содержание дорог. II. Движение и эксплуатация дорог.

В трудах этих секций подвергались изучению следующие основные вопросы дорожного дела:

I Конгресс (Париж, 1908).

I Секция. 1. Современные дороги. 2. Общие методы ремонта и содержания дорог. 3. Борьба против износа дорожной одежды и пыли. 4. Дороги будущего.

¹ Постоянное Бюро конгрессов помещается в Париже, адрес: M. le Secrétaire général de l'Association Internationale Permanente des Congrès de la Route. Avenue d'Iena, № 1, Paris (Trocadéro), членский взнос — ежегодно 100 франков.

II Секция. 5. Влияние новых типов подвижного состава на дороги. 6. Влияние дорог на подвижной состав. 7. Дорожная сигнализация. 8. Дороги и механический транспорт.

II Конгресс (Брюссель, 1910).

I Секция. 1. Шоссе и мостовая. Применение связующих веществ. 2. Основание и дренаж дорожной одежды. 3. Устройство на дорожном полотне рельсовых путей местного значения и трамваев. 4. Очистка и поливка дорог и городских улиц. 5. Выбор типа замощения улиц. 6. Производство па улицах работ, связанных с освещением, канализацией и водопроводом.

II Секция. 7. Влияние нагрузок подвижного состава и скоростей на типы искусственных сооружений. 8. Требования, которым должен удовлетворять подвижной состав. 9. Условия эксплуатации безрельсового транспорта.

III Конгресс (Лондон, 1913).

I Секция. 1. Проектирование новых дорог и городских улиц. 2. Типы замощения на мостах. 3. Применение гудронов, битумов и асфальтов для дорог. 4. Деревянные мостовые.

II Секция. 5. Освещение дорог и экипажей. 6. Износ дорог. 7. Регулирование быстрогоходного и грузового движения. 8. Управление постройкой и содержанием дорог; разделение функций центральных и местных властей. 9. Изыскание средств на постройку и содержание дорог.

IV Конгресс (Севилья, 1923).

I Секция. 1. Бетонные дороги. 2. Применение битума и асфальтов для дорожной одежды. 3. Укладка трамвайных путей при различных типах замощения.

II Секция. 4. Развитие автомобильного транспорта. 5. Законодательство, регулирующее движение по дорогам. 6. Условия движения на участках дорог и городских улиц с большим скоплением экипажей.

V Конгресс (Милан, 1926).

I Секция. 1. Бетонные дороги. 2. Дороги из битумов и асфальтов. 3. Стандартизация приемки и испытания дорожно-строительных материалов, гудрона, битумов и асфальтов.

II Секция. 4. Учет движения, нормы учета. 5. Планировка и благоустройство городов, в связи с требованиями движения; правила движения в городах. 6. Специальные автомобильные дороги.

VI Конгресс предполагается в Соединенных Штатах в 1929 году.

§ 28. Краткий очерк развития дорожного дела в СССР. В России устройство каменных дорог было до XVII века почти неизвестно. Мостовые на дорогах и на городских улицах устраивались из досок, пластин или жердей. Судя, впрочем, по дошедшим до нас данным, в Москве и в Новгороде дворы некоторых иностранных купцов были вымощены мелким булыжником или кирпичом-железняком.

В XVI и XVII веке московское правительство начало принимать некоторые меры по проведению и поддержанию в порядке больших дорог, соединявших Москву с югом государства. Одной из таких мер является учреждение „ямов“,

т. е. дворов, обязанных содержать известное число ямщиков и лошадей за освобождение от повинностей. Езда на ямских была относительно быстра; так например, от Москвы до Вологды (480 км) ехали 5 суток, до Новгорода (650 км) летом 6—7 суток, а зимой 4—5 суток. В середине XVII века были изданы некоторые законодательные акты, касавшиеся ширины дорог, права их закрытия и перенесения на новое место и т. д.

Первый решительный толчок дорожному строительству в России был дан Петром Первым, который издал ряд указов о натуральной дорожной повинности и др. и приступил к постройке „Перспективной“ дороги между Петербургом и Москвой, Нарвской и др.; его распоряжения относительно улучшения путей сообщения касались даже Сибири. Перспективная дорога должна была строиться с бревенчатым настилом „по шведскому образцу“ (фиг. 53). По указаниям Камер-Коллегии требовалось, „чтобы в болотистых и грязных местах обыватели клали бревна длиною в 9 аршин, прикрепляли их по обеим сторонам, обтесывали и засыпали песком или землей; в местах же, где нет лесу, окапывали с 2-х



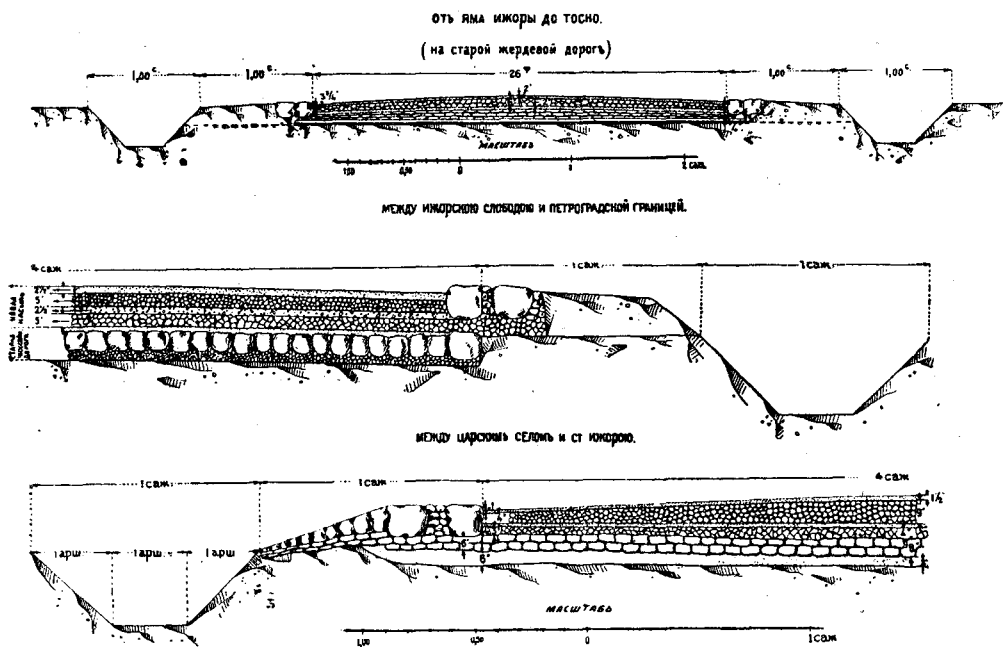
Фиг. 53. Постройка дороги между Петербургом и Москвой (1720—1746).

сторон канавами, в расстоянии 10 аршин, а между канавами, отступя с каждой стороны по аршину, клали хворост и посыпали хорошей землей; те же места, где сухо, а лишь неровно и колеисто, уравнивали и очищали.“ Перспективная дорога, таким образом, строилась из леса и земли; постройка ее продолжалась 26 лет (с 1720 по 1746 г.). Длина ее по окончании измерялась в 770 км (вместо теперешних 650 км по железной дороге).

Во второй половине XVIII столетия развитие постройки дорог несколько замедлилось; возобновление деятельности в этой области относится к началу XIX века. В 1809 году были учреждены Главное управление путей сообщения, корпус инженеров путей сообщения и институт инженеров путей сообщения, причем, при первоначальной организации корпуса и института, из Франции был приглашен целый ряд выдающихся инженеров и профессоров, в том числе Базен, Ламе, Клапейрон и др.

Война 1812 года несколько затянула приступ к постройке больших дорог. Во время кампании 1813 года в местах переправы артиллерии, как наших так и союзных прусских войск, корпус путей сообщения устроил целый ряд дамб (плотин) из хвороста и еловых ветвей. В 1817 году было приступлено к устройству Московского шоссе (между Петербургом и Москвой); шоссе это было закончено в 1834 году и является первой большой каменной дорогой в России.

Короткие шоссе строились и ранее; так, в 1797 году, была обращена в шоссе дорога от Царского Села до Гатчины, а впоследствии от Царского Села до Петербурга и Петергофа. Дороги эти строились чрезвычайно прочно и требовали громадного количества каменных материалов. Так, например (фиг. 54), для дороги от Царского Села до Ижоры (1817 г.) потребовалось разных каменных материалов, как-то: плит, гравия, хряща и булыжного камня, до 6 000 куб. м на каждый км, а на каждый километр мостовой требовалось 3 000 куб. м (вместо затрачиваемых теперь, примерно, 750 — 1000 куб. м на км). Такой громадный расход каменных материалов понятен из фиг. 54, показывающей разрезы Московской дороги на участке между Петербургом и Царским Селом. Дорога эта имела



Фиг. 54. Нормальные поперечные профили Московского шоссе 1818 г.

сверху слой гравия толщиной 4 см, затем слой крупного щебня, толщиной 23 см, потом опять слой гравия 4 см, еще слой крупного щебня в 10 см и, наконец, внизу каменное основание из двух рядов плоских камней в 20 см толщины.¹

Говоря об истории дорожного дела в России в первой половине XIX века, нельзя не упомянуть о замечательном проекте устройства магистральных шоссе с механической тягой, составленном Василием Петровичем Гурьевым и изданном им в 1837 году в книге под заглавием „Учреждение торцовых дорог и сухопутных пароходов в России.“² Гурьев является изобретателем торцовой,

¹ См. А. А. Гельфер. Очерк развития дорожностроительного и мостового дела, том III.

² Имеется в библиотеке Института инж. путей сообщ.

мостовой, впервые в Европе, в 1820 г.,¹ уложенной на Большой Морской и Миллионной в С.-Петербурге, откуда эта мостовая получила дальнейшее распространение в Англии и Америке. Но идеи Гурьева были гораздо шире. Он предлагал устроить торцовые междугородные дороги, более дешевые, чем железные дороги, и покрыть сеть таких торцовых магистралей всю Россию, на ряду с железными дорогами,

КАРТА ПЛАВНИКИХ, КАМЕННЫХ И ТОРЦОВЫХ ДОРОГЪ ВЪ РУССІИ.

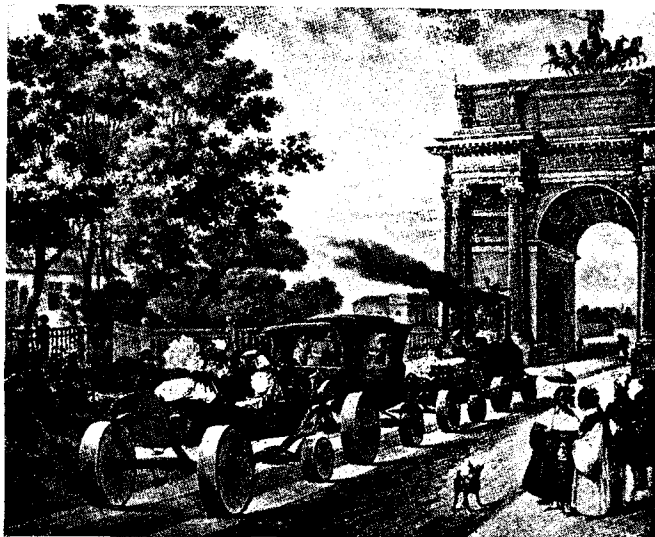


Фиг. 55. Карта магистральных дорог, предложенных Гурьевым (1837 г.)

предназначенными для более интенсивного движения (фиг. 55.) Замечательно, что намеченные им направления торцовых дорог почти в точности совпадают с линиями железных дорог, которые осуществляются только в наше время.

¹ См. А. С. Танненбаум, В. П. Гурьев и его идеи о дорогах для автомобилей. СПб. 1903, также С. К. Врублевский, Деревянные мостовые, доклад III Международному конгрессу в Лондоне. 1913.

Таковы, напр., линии (фиг. 55) Петербург — Рыбинск, Петербург — Витебск — Киев и др. Но не только в этом отношении Гурьев предвосхитил идеи, которые начали осуществляться лишь через 100 лет, — главной особенностью его проекта



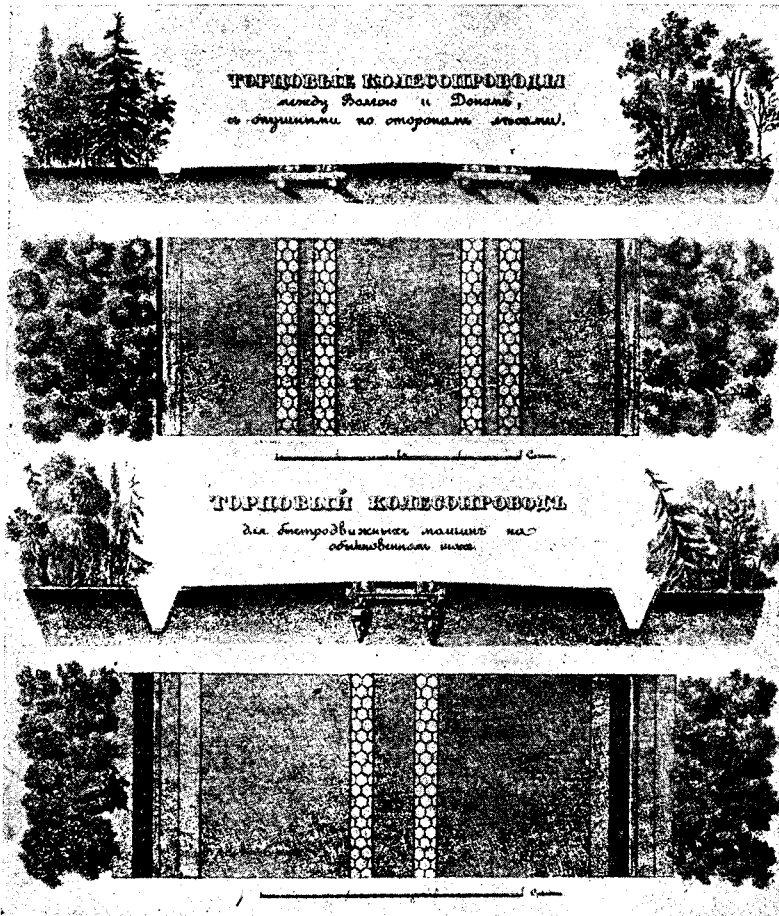
Фиг. 56. „Сухопутные пароходы“ Гурьева.



Фиг. 57. „Пародвижные омнибусы“ Гурьева.

является широкая организация движения при помощи паровых тракторов (фиг. 56 и 57), названных им сухопутными пароходами и пародвижными омнибусами. Летом тракторы должны были передвигаться по гладким торцовым колеям, заделанным

в шоссе (фиг. 58), благодаря чему можно было бы значительно понизить сопротивление движению и пускать поезда сравнительно большого веса. Торцовые колен должны были устраиваться достаточно прочно на продольных и поперечных брусках, а при слабых грунтах на свайках (фиг. 58), для поддержания большой нагрузки па ось. Зимой поезда должны были обращаться по санному пути (фиг. 57). Погашение всего устройства путей, стоимости подвижного состава

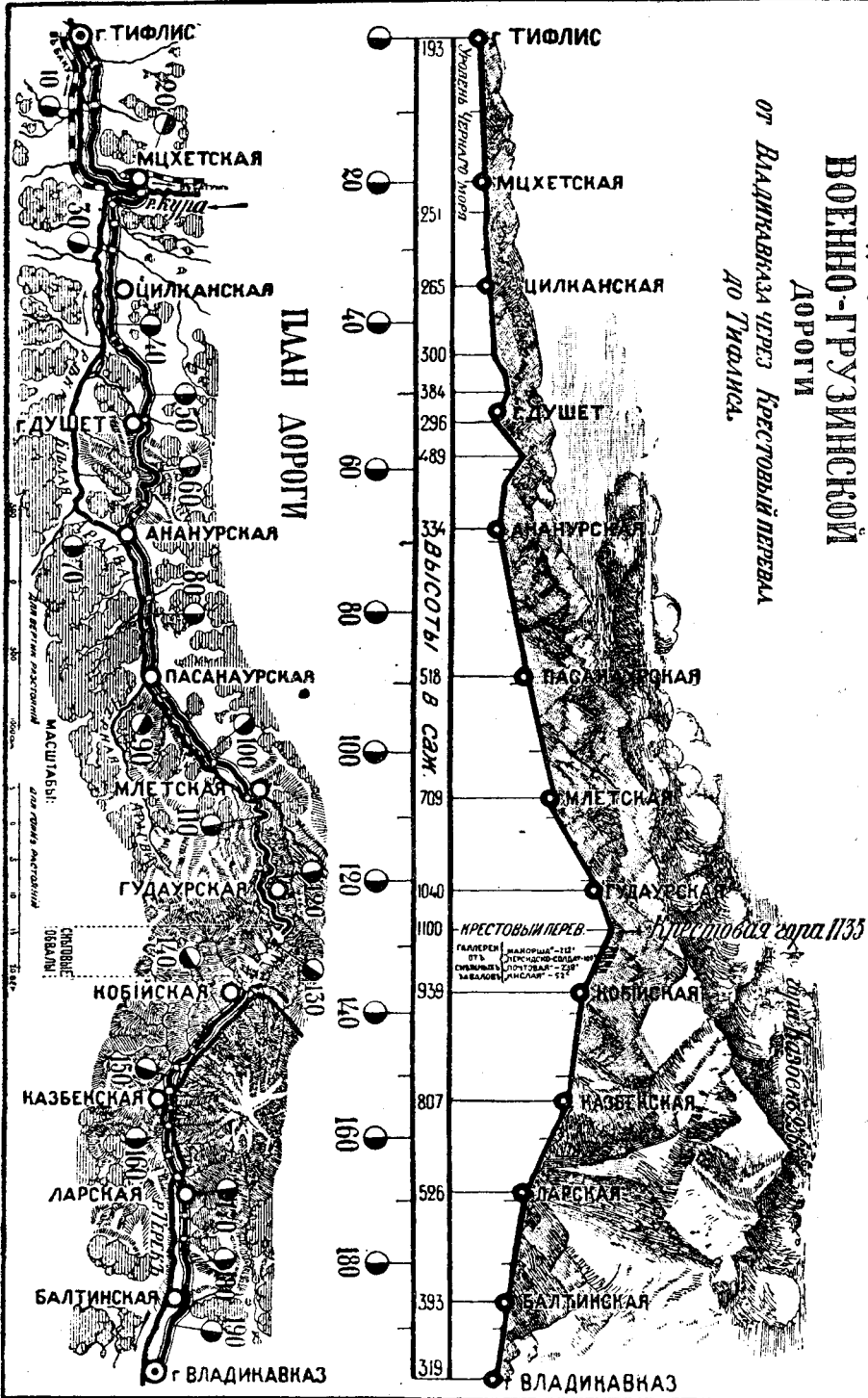


Фиг. 58. Торцовые дороги, по проекту Гурьева.

и эксплуатации должно было производиться, по мысли Гурьева, из платы за провоз, которая исчислялась в размере $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{10}$ коп. с пудоверсты (6—15 к. за т. км); вся сеть должна была осуществиться на концессионных началах, путем учреждения особой „Компании торцовых дорог и сухопутных паромоводов,“ с основным капиталом 10 миллионов рублей.

Все эти идеи совершенно ясно указывают на те решения, к которым лишь теперь, почти 100 лет спустя, начинают подходить в Америке и Западной Европе, и которые и теперь представляют для СССР большой интерес. Важное значение

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ
ВОЕННО-ГРУЗИНСКОЙ
ДОРОГИ
от Владикавказ через Крестовый перевал
до Тифлиса.



Фиг. 59.

предложений Гурьева осталось совершенно непонятым его современниками; его доклады и записки застряли в одной из бесконечных комиссий, вынесшей, по обыкновению, малограмотное постановление — „устроить взамен торцовых колесопроводов малые полосные шоссе, в одну сажень шириной, по коим могли бы ехать экипажи и итти самые лошади.“

В последней части нашего курса, посвященной вопросам тяги и эксплуатации дорог, мы еще будем иметь случай вернуться к предложениям Гурьева.

Вслед за Московским шоссе, были в период 1838 — 1860 гг. выстроены Киевское, Тульское, Рижское и др., а также началась оживленная постройка шоссе в Польше. Этот первый период постройки был, вообще, периодом наибольшего расцвета шоссейного строительства, к которому впоследствии государство уже более не возвращалось. За двадцатилетие с 1840 по 1860 гг. строилось ежегодно,

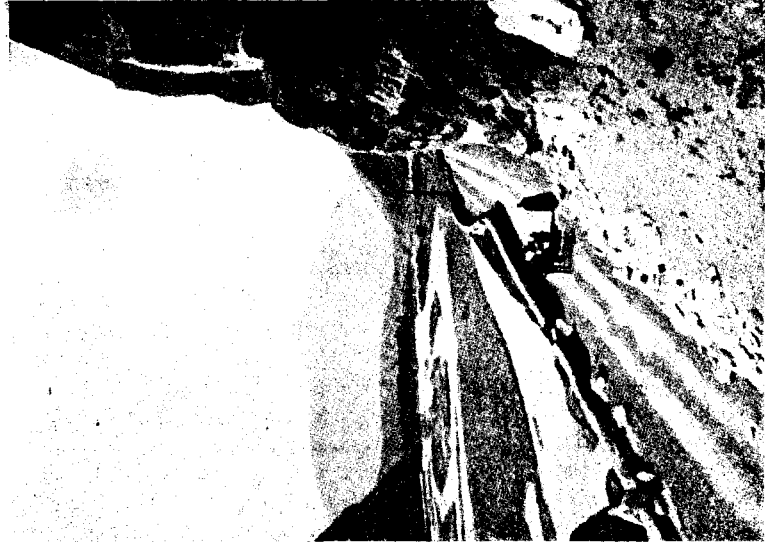


Фиг. 60. Военно-грузинская дорога. Кобийский подъем.

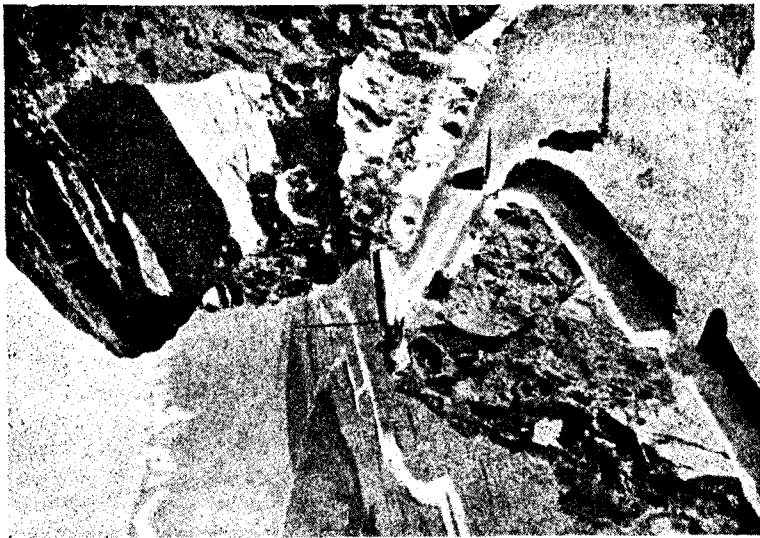
в среднем, 275 км шоссе.¹ С 1860 г. внимание правительства было отвлечено железными дорогами, и шоссейное строительство начало падать. С 1860 по 1867 гг. строилось только 110 км в год, а в 1867 г. постройка шоссе совсем почти прекратилась до 1876 г.; с 1876 по 1883 г. строилось всего 15 км в год на всю Россию, с 1883 по 1889 гг. по 60 км. Шоссейнодорожное дело совершенно утратило государственный масштаб и стало в министерстве путей сообщения в тени, не только по сравнению с железными дорогами, но и с водными путями сообщения, образуя незаметный уголок в управлении этих путей. Некоторое оживление было внесено после 1889 года постройкой стратегических шоссе в Польше; в среднем, за время с 1889 до 1905 гг. строилось по 235 км шоссе.

Из государственных построек шоссе в России заслуживает быть отмеченной прежде всего Военно-грузинская дорога (фиг. 59 — 63), соединяющая города Владикавказ и Тифлис (расстояние 225 км) и пересекающая главную цепь Кав-

¹ М. А. Ляхницкий, Обыкновенные дороги, СПб. 1905, стр. 297.



Фиг. 61. Военно-грузинская дорога. Долина
Терека.



Фиг. 62. Военно-грузинская дорога. Нависающая скала.

казского хребта на высоте 2350 м над уровнем моря (фиг. 59). Дорога от Владикавказа проходит узкой и тесной долиною р. Терека, местами между почти отвесными скалами, как, напр., в Дарьяльском ущелье (фиг. 63). Около ст. Коби (фиг. 60) линия поднимается к наивысшей точке — Крестовому перевалу, проходя здесь район грандиозных снежных обвалов, прекращавших иногда движение на несколько недель. После перевала через хребет линия спускается в сравнительно мягкую по климату долину р. Арагвы, подвергаясь, однако, подмывам со стороны



Фиг. 63. Военно-грузинская дорога. Чертовы ворота.

реки, а также наносам ила и гравия из оврагов в горах; в пределах отклонения линии от долины Арагвы между станциями Душет и Ананур дорога проходит по местности с крайне неустойчивым грунтом, постоянными оползнями и обвалами. Все это сочетание чрезвычайно трудных условий эксплуатации — снежные обвалы, подмывы горными реками, наносы от ливней, оползни и обвалы, вместе с необычайно трудными условиями сооружения отдельных участков, по склонам почти отвесных скал, — делает Военно-грузинскую дорогу одним из самых замечательных инженерных сооружений в мире. Она была начата постройкой еще в 1817 г. при Ермолове, и была, как говорилось, проложена порохом и железом; но многое еще осталось сделать и до сих пор, напр., в отношении правильного снабжения дороги каменным материалом, предохранения отдельных участков от снежных обвалов, подмывов и наносов, смягчения подъемов и т. д. С организацией по Военно-

грузинской дороге автомобильной тяги для перевозки пассажиров и грузов, она, несомненно, вновь вернет значение первоклассной магистрали, соединяющей Закавказье с Европейской Россией, которое оно имела в течение почти 100 лет.

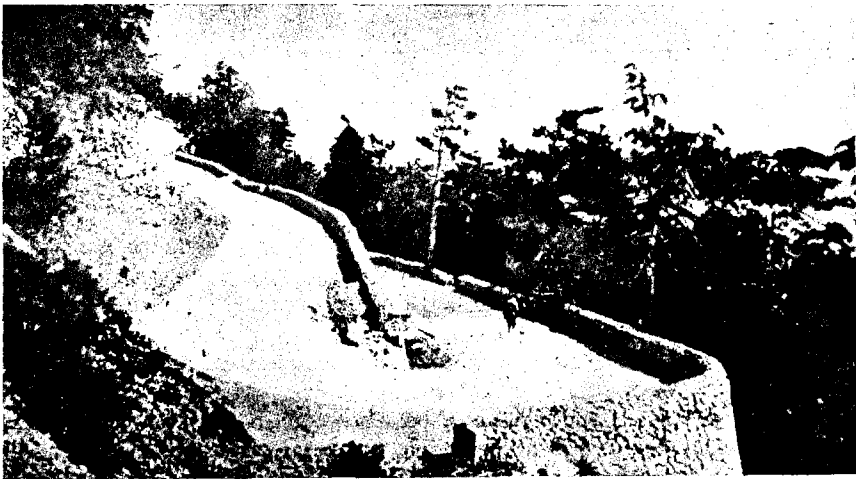
Из других казенных построек отметим Крымские горные шоссе (фиг. 64 и 64а), проходящие в трудной местности по берегу моря, а также при перевале через Яйлу, между Ялтой и Бахчисараем. Из построек новейших (1915—1917 гг.) заслуживает быть отмеченным сооружение сети магистральных дорог в золотых областях Приамурского края (фиг. 13 на стр. 31, фиг. 22 на стр. 41) исполненное, в короткий срок, в дикой, недоступной ранее человеку тайге, в трудной горной местности и в полосе вечной мерзлоты.

С начала 70-х годов, с введением Земского Положения, появилось в России *земское дорожное хозяйство*; первым значительным шагом была передача в заведывание земств большей части казенных шоссе в центральных губерниях.



Фиг. 64. Нижне-Алупское шоссе в Крыму (развитие трассы).

Особенно густая сеть перешла в заведывание Московского земства, где вскоре дорожное хозяйство поднялось на значительную высоту как в отношении техники, так и экономичности содержания шоссе. Однако, в других земствах дорожное



Фиг. 64а. Подъем на Яйлу (Ялта — Бахчисарайское шоссе); серпантина.

дело заняло лишь второстепенное место, сравнительно с остальными областями земской деятельности — врачебной помощью, народным образованием и пр.¹ Так-

¹ См. Б. Б. Веселовский, История земства. СПб. 1909 — 1911.

еще в 1894 г. из 359 уездных земств 34 не ассигновали на дороги ничего, а 239, или $\frac{2}{3}$ общего числа, тратили на это менее 5 тысяч рублей в год.

Поворот в положении земского дорожного хозяйства наступил с изданием закона 1 июня 1895 г. о специальном дорожном капитале. Инициатива издания этого закона принадлежала С. Ю. Витте, бывшему тогда министром финансов. Представляя законопроект в государственный совет, он указывал, что „в числе мер, способных облегчить существующий хозяйственный кризис и предотвратить его повторение в будущем, одно из важных мест, бесспорно, должно быть отведено усовершенствованию колесных путей сообщения.“ Сущность закона состояла в освобождении земств от обязательных для них ранее расходов на административные учреждения и в образовании, за счет этих освободившихся сумм, т. наз. „специального дорожного капитала“, в размере около 6 млн руб. ежегодных поступлений. С изданием нового закона деятельность земств несколько оживилась, ежегодные расходы на дорожное дело приблизительно удвоились, сохраняя, впрочем, скромное место в земском бюджете, как видно из следующего сопоставления:

Сводный бюджет 34 губерний, в рублях.

Г о д а	Общий расход 34 земств	В т о м ч и с л е:	
		расходы на медицину	расходы на дорожное дело
1895	65 800 000	17 700 000	3 900 000
1902	95 000 000	28 500 000	11 300 000
1911	188 200 000	51 700 000	14 000 000

Этот недостаток средств, не стоявших ни в каком соответствии ни с территорией, ни с потребностью в капитальных сооружениях, наложил на все земское строительство особый отпечаток. Большинство земств было вынуждено ограничиться постройкой деревянных мостиков и труб в особенно непроезжих местах, с устройством к ним мощеных подходов небольшого протяжения. Устройство больших участков шоссе, сплошное замощение подъездных путей к станциям, сооружение больших мостов осталось недоступным для значительного числа земств и было лишь частично осуществлено в некоторых богатых губерниях, где дорожное хозяйство развилось и окрепло (Московское, Екатеринославское, Бессарабское, Киевское земства). Однако, и в этих пределах был достигнут за 20 лет, 1895—1915 гг. значительный прогресс. Постепенно деревянные сооружения начали заменяться каменными, а последнее время и железобетонными (фиг. 65 и 65а).¹ Эта замена имеет особое значение в условиях земского хозяйства, где отдельные сооружения разбросаны за сотни верст от уездного города — местожительства инженера, и должны поэтому, по возможности, не требовать ни ремонта, ни надзора. С введением дорожного капитала появился в земствах и специальный технический персонал, сначала в губерниях, а последние годы, перед войной, и в уездах. Помимо

¹ См. очерк развития дорожного дела Екатеринославского губернского земства с 1896 г. по 1909 г., Павлоград, 1910 г.

введения новых приемов строительства, этим персоналом многое сделано в отношении разработки программ улучшения дорожной сети, основанных на технических и экономических обследованиях дорог.¹ Во многих губерниях были органи-



Фиг. 65. Жел.-бетонный земский мост.

зованы периодические съезды дорожных инженеров и техников, а в январе 1914 г. состоялся первый Всероссийский съезд деятелей по шоссейному делу, „для обсу-



Фиг. 65а. Земский жел.-бетонный мост безустойного типа. (Таращанский уезд Киевской губ.)

ждения технических, хозяйственных и экономических вопросов, связанных с делом постройки и содержания дорог в России“.

¹ Укажем на чрезвычайно интересное „Экономическое и техническое обследование дорог Сумского уезда“, издание уездного земства, Сумы, 1911 г.

Общий рост сети земских дорог с каменной одеждой со времени издания закона о специальном дорожном капитале (1895 г.) и до войны (1913 г.) может быть представлен следующими цифрами:

Таблица № 6.

Протяжение, в верстах, сети земских дорог с каменной одеждой, по 43-м земским губерниям

1895 г.	1901 г.	1910 г.	1913 г.
2 788	4 777	10 060	11 448

Таким образом, средний прирост сети за 18 лет со времени введения нового закона составил около 500 км в год. Распределение каменных и грунтовых дорог к 1913 г., по данным МВД, приведено в таблице № 7 на стр. 95.¹

Войны 1914—1920 гг. потребовали грандиозной экстренной постройки сети дорог и мостов на фронте и в тылу армии, на которую пришлось истратить сотни миллионов рублей. Развернутая в течение нескольких месяцев широкая сеть строительных организаций преодолела необычайные трудности в деле снабжения материалами, рабочей силой и возведения крупных сооружений в небывало короткие сроки; достаточно указать, что мосты постоянного типа через такие реки, как Висла, Днепр, Западная Двина, возводились в несколько недель.

В результате разрушений, вызванных войной, и почти десятилетнего перерыва в ремонте существующих дорог и постройке новых, состояние дорожной сети к 1922—1923 г. значительно ухудшилось. Мосты на многих дорогах были уничтожены военными действиями, сгорели или были снесены поводом; к 1923 году, в общем, около 40% мостов требовали капитального ремонта и перестройки, а в отдельных районах эта цифра достигала 100%. В такое же состояние пришли почти 50% проезжей части шоссе и грунтовых дорог. Около 15% протяжения шоссе и грунтовых дорог износились до 8 см, а на некоторых дорогах (Новороссийское шоссе) до 5 см и пришли в совершенно непроезжее состояние. Многие, бывшие до войны вполне удовлетворительными, шоссе Московского и Ленинградского округа пришли, вследствие появления пучин, износа и отсутствия ремонта, в худшее состояние, чем немощеные грунтовые дороги. Горные дороги Кавказа и Крыма сильно пострадали от обвалов, оползней и размывов; на северном Кавказе около 60% подпорных стенок требовало восстановления; шоссе Севастополь—Симферополь и Алушта—Судак—Феодосия пострадали от чрезвычайных оползней и осыпей.

С 1922—1923 г. началась постепенная ликвидация запущенности — восстановление мостов, ремонт дорог. К 1924—1925 году процент мостов на государственных дорогах, требовавших капитального ремонта, понизился с 60% до 39%. Можно надеяться, что к 1930 г. запущенность будет вполне ликвидирована.²

С 1923—1924 г. возобновились опытные машинно-дорожные работы по улучшению грунтовых дорог американскими методами, путем придания полотну грунтовых

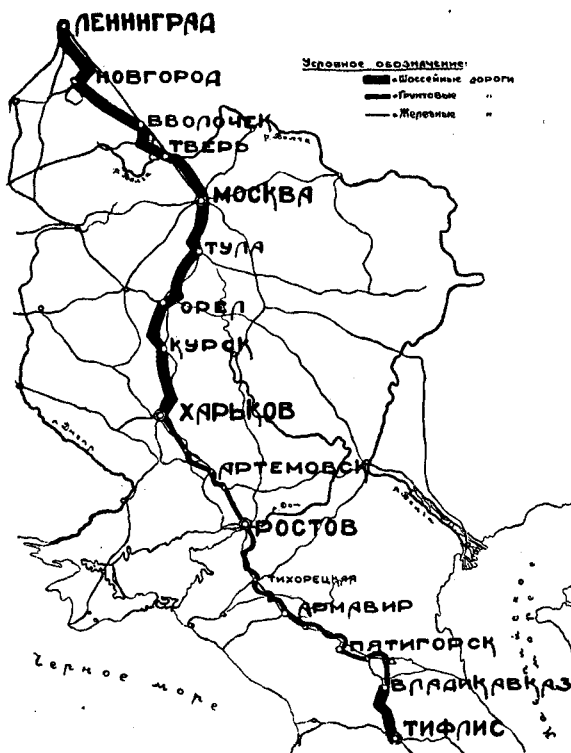
¹ См. статистические сведения по дорожной части, приложенные к проекту устава земских гужевогой дорог, 1914 г.

² Инж. В. А. Гайдук, Состояние, задачи и перспективы дорожного строительства в СССР, журнал „Плановое хозяйство“, 1926, № 6.

дорог выпуклого профиля с треугольными кюветами (фиг. 27 и 28, стр. 44) В 1926—1927 г. была выписана значительная партия новых машин; применение этих новых методов имеется в виду испытать в большом масштабе в Ленинградской области, в Карельской АССР и в переселенческих районах Сибири.¹

В то же время, сначала в Ленинградском, а затем и в других округах местного транспорта начались испытания улучшения грунтовых дорог новыми методами *добавок смесей* к глинистым и песчаным грунтам дорожной полосы, с целью улучшения их состава. Научной базой для этого метода послужили широко поставленные полевые и лабораторные исследования Научно-исследовательского дорожного бюро ЦУМТа.² Работы Бюро создали методологию почвенно-дорожных исследований, стоящую в преемственной связи с наукой почвоведения, получившей из всех стран наибольшее развитие в СССР. Кроме того, работы Бюро захватили целый ряд других научных, технических и экономических вопросов в области дорожного дела.

Приблизительно с 1923 г. началось возрождение автомобильного транспорта. В Москве и Ленинграде были организованы крупные автохозяйства для грузовых и легковых перевозок. Автомобильное пассажирское движение стало быстро развиваться в Крыму и на Кавказе. Затем с необыкновенной быстротой начало распространяться автобусное сообщение. Уже в 1924 г. эксплуатировалось в разных местах Союза 38 линий, общей длиной свыше 3 000 км; в 1925 г. было 109 линий протяжением 4 000 км, в 1926 г. намечено к открытию еще 50 новых линий, общей длиной 5 000 км. В августе 1925 г. состоялся всесоюзный автомобильный пробег Ленинград—Тифлис—Москва (фиг. 66) общим протяжением (для легковых автомобилей) 5 000 км. Пробег этот показал возможность прохода



Фиг. 66. Всесоюзный автомобильный пробег 1925 г.

Фиг. 66. Всесоюзный автомобильный пробег 1925 г. (для легковых автомобилей) 5 000 км. Пробег этот показал возможность прохода

¹ Опыты 1923—1924 гг. впервые были начаты в 1911—1912 гг. автором этой книги в Киевской губ. и в то же время С.-Петербургской землеустроительной комиссией около с. Антропшино. Описание новейших опытов см. вып. 16 сборника Отд. шосс. и грунт. дорог, Москва, 1926.

² Труды этого бюро см. 13 сборник ЦУМТа „Грунты и почвы в дорожном деле“, Москва, 1926.

Таблица № 7.

Протяжение (в верстах) земских, казенных и проселочных дорог по 43-м земским губерниям в 1913 г.

№№ по порядку	Наименование губерний	Земские дороги									Проселочные дороги	
		С каменной одеждой				Грунтовые, улучшенные			Обыкновенные грунтовые	Всего земских дорог		Шосейные дороги мин. пут. сообщ., переданные во врем. завед. земств
		Сплошь шоссированные	Сплошь замощенные	Отдельные замощенные или шоссированные участки	Всего	Замощен или шоссиров. участков (в исключенном участках показанных в гр.)	Другими способами	Всего				
1	Бессарабская	104	—	266	370	1 066	520	1 586	2 920	4 876	5	23 000
2	Владимирская	19	61	425	505	1 292	724	2 016	—	2 521	328	22 000
3	Вологодская	—	7	54	61	316	2 606	2 922	3 636	6 619	—	14 500
4	Воронежская	53	7	75	135	1 083	3 592	4 675	2 057	6 867	81	21 500
5	Вятская	28	—	240	268	1 395	942	2 337	3 225	5 830	—	23 000
6	Екатеринославская	—	8	82	90	1 260	161	1 421	4 928	6 439	—	25 500
7	Казанская	12	—	349	361	2 425	1 196	3 621	3 456	7 438	—	26 000
8	Калужская	75	—	196	271	—	—	—	2 037	2 308	243	13 000
9	Костромская	—	43	339	382	2 016	373	2 389	651	3 422	—	70 500
10	Курская	—	15	167	182	2 352	896	3 248	945	4 375	225	22 000
11	Московская	768	489	198	1 455	121	41	162	756	2 373	500	39 500
12	Нижегородская	—	59	159	218	1 748	51	1 799	324	2 341	—	9 000
13	Новгородская	94	—	327	421	610	—	610	1 899	2 930	571	40 500
14	Олонецкая	—	—	—	—	—	2 869	2 869	1 871	4 740	—	8 000
15	Орловская	—	5	135	140	743	3 525	4 268	—	4 408	391	39 000
16	Пензенская	—	—	126	126	2 076	352	2 428	—	2 554	—	14 000
17	Пермская	—	—	35	35	—	3 257	3 257	2 965	6 257	—	18 000
18	Полтавская	—	10	410	420	5 053	4 612	9 665	1 880	11 965	—	27 500
19	Псковская	—	—	255	255	347	1 571	1 918	223	2 396	326	26 000
20	Рязанская	—	—	22	22	—	—	—	2 107	2 129	71	20 500
21	Самарская	34	—	53	87	27	43	70	4 850	5 007	—	3 000
22	С.-Петербургская	929	94	279	1 302	453	659	1 112	1 924	4 338	875	10 500
23	Саратовская	—	—	151	151	3 226	—	3 226	—	3 377	—	21 000
24	Симбирская	20	—	183	203	1 497	1 050	2 547	160	2 910	—	11 500
25	Смоленская	25	—	32	57	131	744	875	1 548	2 480	295	66 500
26	Таврическая	331	—	53	384	691	2 960	3 651	1 377	5 412	—	11 000
27	Тамбовская	—	5	143	148	2 343	338	2 681	520	3 349	—	10 000
28	Тверская	—	22	293	315	1 046	869	1 915	—	2 230	187	34 500
29	Тульская	68	9	238	315	2 125	300	2 425	—	2 740	286	12 000
30	Уфимская	14	—	186	200	936	1 120	2 056	2 241	4 497	—	6 500
31	Харьковская	15	—	233	248	749	1 159	1 908	1 213	3 369	33	21 000
32	Херсонская	—	51	123	174	331	1 410	1 771	11 540	13 485	—	27 500
33	Черниговская	—	—	185	185	1 937	55	1 992	4 418	6 595	193	40 500
34	Ярославская	89	27	245	361	865	279	1 144	272	1 777	83	35 000
35	Витебская	10	—	77	87	1 310	116	1 426	3 446	4 979	—	23 000
36	Волынская	39	46	321	406	631	25	656	3 308	4 370	—	23 000
37	Киевская	21	24	342	387	2 467	12	2 479	3 892	6 658	—	20 000
38	Минская	—	—	79	79	1 106	792	1 903	3 724	5 706	—	17 000
39	Могилевская	55	—	66	121	599	1 029	1 628	2 180	3 929	—	40 000
40	Подольская ¹	93	108	153	354	—	—	—	—	354	—	40 000
41	Астраханская	—	—	5	5	469	207	676	39	720	—	5 000
42	Оренбургская	—	—	69	69	1 459	167	1 626	641	2 336	—	45 000
43	Ставропольская	39	—	54	93	320	1 100	1 420	73	1 586	—	4 000
Всего по 43 губ.		2 935	1 090	7 423	11 448	48 621	41 757	90 378	83 166	184 992	4 693	1 030 500

¹ В Подольской губернии земские грунтовые дороги перечислены в разряд проселочных.

ПРОТЯЖЕНИЕ ДОРОГ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ.

Наименование территориально- административных единиц.	Губернские дороги			Уездные дороги			Волостные и сель- ские дороги			Общее протяже- ние дорог			Территория в тыс. кв км	Население в десятках тысяч человек	Плотность	На 1 000 кв км террит. дорог приходится в км	На 10 000 жит. дорог приходится в км	На 1 км дорог прихо- дится террит. в кв км
	Всего	Каменных	Грунтовых	Всего	Каменных	Грунтовых	Всего	Каменных	Грунтовых	Всего	Каменных	Грунтовых						
Архангельская . . .	487	—	487	2 242	—	2 242	3 806	—	3 806	6 535	—	6 535	450	42,5	0,9	14,5	154	69
Астраханская . . .	1 102	2	1 100	1 031	—	1 031	913	—	912,5	3 046	2	3 044	27,9	40,6	14	109,5	75	91,5
Башкирская	3 330	—	—	2 539	—	—	16 914	—	—	22 783	—	—	149,19	252,3	16,9	153	90	6,5
Брянская	877	28,4	818	1 070	128	942	19 051	—	19 051	20 998	157	20 841	28,8	130,9	45,25	730	160	1,37
Бурято-Монгол. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Владимирская . . .	305	95	210	761	142	619	3 237	17	3 220	4 303	254	4 049	28,5	126,1	44	356	80,5	6,6
Вологодская	764	37	727	2 115	—	2 115	8 000	—	8 000	10 879	37	10 842	110,3	103,4	9,5	99	105	10,15
Воронежская	1 646	117	1 529	2 589	31	2 558	14 081	2	14 079,5	18 316	149,5	18 166	65,3	323,9	49,5	281	56,5	3,5
Вотская	378	3	375	883	18	865	—	—	—	—	21	—	—	—	—	—	—	—
Вятская	716	67,4	648	1 692	32	1 660	6 412	—	6 412	8 819	99,4	8 720,4	107,8	220,7	21,2	82	40	12
Гомельская	1 372	26	1 346	1 224	7	1 217	10 911	6	10 905	13 507	39	13 468	27,8	132,5	47,5	485	102	2,6
Дагестанская	74	31,4	42	2 042	12	2 030	9 015	—	9 015	11 130	43,4	11 087	55,2	75,4	13,5	200	147	5
Д.-Восточн. край . .	6 355	—	6 355	2 797	—	2 797	7 685	—	7 685	16 837	—	16 837	2 555	162,4	0,65	6,6	103,5	152
Иваново-Вознес. . .	693	140	553	1 321	195	1 126	3 859	—	3 859	5 873	335	5 538	29,5	113,7	38,6	200	52	5
Казакская	12 237	—	—	7 898	—	—	65 096	—	65 096	85 231	—	64 282	2 924,9	524,7	1,8	22	122	45,5
Калмыцкая	—	—	—	1 582	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Калужская	910	199	711	860	103	757	517	55	462,1	2 287	356,7	1 930	25,7	103,4	40,5	89	22	11,3
Карельская	754	—	—	1 367	—	—	4 072	—	—	6 193	—	—	134,7	24,3	1,8	46	250	21,8
Киркизская	605	—	605	1 627	—	1 627	2 050	—	2 050	4 282	—	4 282	246,0	83,1	3,4	17,4	51,5	57,9
Коми-Зырянская . .	1 617	—	1 617	1 316	—	1 316	4 306	—	4 306	7 239	—	7 239	428,4	20,7	0,48	16,8	350	59,25
Костромская	700	189	511	1 263	48	1 215	1 316	—	1 316	3 279	237	3 042	33,3	82,2	24,5	98,5	40	10,15

Крымская	2 021	—	—	1 630	—	—	2 759	—	—	—	726	—	—	—	—	—	—	—
Курская	4 437	—	—	3 000	—	—	17 074	—	—	24 511	264,39	—	—	—	—	—	—	—
Ленинградская . . .	1 816	852	964	0 039	876	2 163	5 613	234	5 379	10 468	1 962	8 506	63,10	242,1	38,5	166	43	6
Марийская	515	—	515	1 200	—	1 200	12 386	—	12 386	14 101	—	14 101	20,9	46,6	22,2	675	300	1,48
Московская	2 117	1 607	510	5 044	370	4 674	37 338	—	—	44 499	1 977	—	—	—	—	—	—	—
Мурманская	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
АССР нем. Повол.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 281	—	—	—	—	—	—	—	—
Нижегородская . . .	2 369	236	2 133	2 116	35	2 081	10 557	—	10 557	15 042	271	14 771	56,6	266,2	47,2	266	56,5	3,76
Новгородская	446	248	198	1 593	327	1 266	1 801	58	1 743	3 840	633	3 207	50,7	97,6	19,5	75,5	39,4	13,2
Оренбургская	431	13	418	1 300	—	1 300	—	см. Казаке	кая АССР	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Орловская	1 034	114	920	1 483	75	1 408	8 000	—	8 000	10 517	189	10 328	30,5	202,2	67	345	52	2,9
Певзенская	980	72	908	1 945	82	1 863	11 391	—	—	14 316	154	—	—	—	—	—	—	—
Псковская	383	104	279	2 101	85	2 016	24 916	4	24 912	27 400	193	27 207	51,9	177,6	34,2	527	155	1,9
Рязанская	307	17	291	2 259	81	2 177	12 480	24,3	12 456	15 046	122	14 924	45,6	272,8	59,5	330	55	3,2
Самарская	1 438	17	1 421	2 817	33	2 784	7 153	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Саратовская	2 212	328	1 884	5 414	110	5 304	5 181	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сев.-Двинская . . .	787	8	779	—	—	—	3 294	—	3 294	4 081	8	4 073	96,2	68,9	7,15	42,5	59	23,6
Сибирский край . . .	2 943	—	2 943	14 791	—	14 791	52 297	—	52 297	70 031	—	70 031	3 522	757	2,15	19,9	93	50
Сев.-кавказ. край .	—	—	—	8 350	—	—	23 596	—	—	31 946	—	—	—	—	—	—	—	—
Смоленская	1 148	75	1 073	1 795	—	1 795	4 438	—	4 438	7 381	75	7 306	56,7	232,2	41	130	32	7,7
Сталинградская . . .	1 400	—	—	1 800	—	—	2 000	—	—	5 200	—	—	—	—	—	—	—	—
Тамбовская	867	68	799	1 914	36	1 878	9 698	16	9 682	12 479	120	12 359	46,7	2 861	60	268	44,5	3,7
Татарская	751	32	719	1 219	—	1 219	28 584	—	28 584	30 554	32	30 522	66,3	272,9	41,25	460	112	2,17
Тверская	837	175	662	1 965	324	1 641	3 435	76	3 359	6 237	575	5 662	61,0	224,8	37	102	28	9,8
Тульская	249	61	188	3 341	278	3 063	10 156	3,3	10 152	13 745	342	13 403	24,3	164,3	67,5	565	83,5	1,75
Ульяновская	956	280	1 236	2 366	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Уральская Обл. . . .	3 216	18	3 189	10 841	892	9 949	66 649	—	66 649	80 706	910	79 796	1 656	626,3	3,8	49	129	20,5
Череповецкая	1 392	119	1 273	1 625	—	1 625	11 862	—	11 862	14 879	119	14 760	62,6	71,0	11,3	238	210	4,2
Чувашская	242	23	219	643	9	634	696	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Якутская	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ярославская	1 067	399	667	1 115	52	1 063	4 810	6,8	4 804	6 992	458	6 534	32,8	138,4	43,25	214	50,5	4,7

Таблица эта взята из труда Б. Б. Веселовского „Нормы эксплуатации и строительства по местному хозяйству“. Издание Госплана РСФСР, Москва, 1927.

современных машин по нашим дорогам в относительно сухое время ¹ и, вместе с тем, необходимость больших работ для приведения хотя бы магистральных линий в проезжее состояние во всякое время года.

Предстоящий несомненный рост автотранспорта в СССР заставляет итти по пути применения новых специальных типов одежды для автомобильного движения, выработанных европейской и американской практикой. Опыты в этом направлении были начаты в 1925—1926 гг. Московским и Ленинградским губдоротделами, применявшими поверхностный и внутренний гудронаж в 1927 г. Азнефтью в Баку.

В конце 1916 г. было учреждено при министерстве путей сообщения новое управление шоссейных дорог, имевшее назначением объединить заведывание существующими казенными шоссе, постройку новых линий на окраинах — стратегического и пионерного значения, а также всемерное содействие дорожному хозяйству земских учреждений, путем выдачи пособий и ссуд на дорожное строительство, снабжения земств техническим персоналом, машинами и материалами для постройки. С 1918 г. управление шоссейных, грунтовых и узкоколейных дорог вошло в состав комитета государственных сооружений. С 1921 г. в составе Центрального управления местного транспорта НКПС имеется Отдел шоссейных и грунтовых дорог, объединяющий руководство развитием и улучшением основной сети дорог государственного значения и наблюдение за дорогами местного значения. Местными органами ЦУМТ являются 14 окружных управлений (ОМЕС). Дороги местного значения находятся в ведении областных губернских и уездных дорожных отделов при Исполкомах и объединяются Главным управлением коммунального хозяйства при НКВД. Разделение дорожного дела между двумя ведомствами не может считаться целесообразным и, повидимому, в недалеком будущем этот вопрос будет урегулирован.

Распределение общего протяжения *государственных дорог* по Округам можно усмотреть из нижеследующей таблицы:

Наименование Окружных Управлений Местного транспорта	Шоссе км	Грунтовых дорог км
Ленинградское	2 008	2 332
Западное	1 622	2 646
Московское	2 549	101
Украинское	1 406	4 740
Крымское	645	—
Сев.-кавказское	874	903
Закавказское	2 098	854
Северное	—	3 195
Уральское	—	1 195
Волжское	145	1 509
Казакское	—	1 335
Средне-азиатское	30	3 371
Сибирское	—	3 312
Д.-восточное	—	5 412
Итого	11 155	30 926
	42 081	

¹ Оценка результатов пробега см. № 7 Бюллетеня ЦУМТа за 1925 г. а также отчет о пробеге.

В числе общих задач по хозяйственному строительству СССР в ближайшие годы предстоит большая работа по восстановлению и развитию дорожной сети, в частности:

1. Приведение местного транспорта в соответствие с железнодорожным, путем улучшения существующих и постройки недостающих *подъездных путей к ж.-д. станциям.*

2. Подготовка главных артерий дорожной сети (наиболее важных по государственному и местному значению трактов и подъездных путей) к *автомобильному* и, в частности, к *автобусному сообщению.*

3. Приведение в проезжее состояние сети важнейших *волостных дорог.*

4. Прокладка новых и укрепление существующих *пионерных дорог* в малонаселенных областях.

Для осуществления этих задач требуется проведение в жизнь ряда мероприятий, в частности:

1. Правильная организация *финансирования* дорожного хозяйства по государственному и местным бюджетам.

2. Развитие *механизации* дорожно-строительных работ путем широкого испытания в наших условиях снарядов заграничных образцов и приступа на основе этих испытаний к дорожному *машиностроению в СССР* в масштабе, соответствующем предстоящему строительству.

3. Организация крупных вспомогательных *дорожно-хозяйственных предприятий*, как-то: каменных карьеров, камнедробильных и клинкерных заводов, добывания асфальта и т. д.

4. Широкое развитие научно-исследовательских институтов для изучения особенностей дорожного дела в его разнообразных условиях на территории СССР.

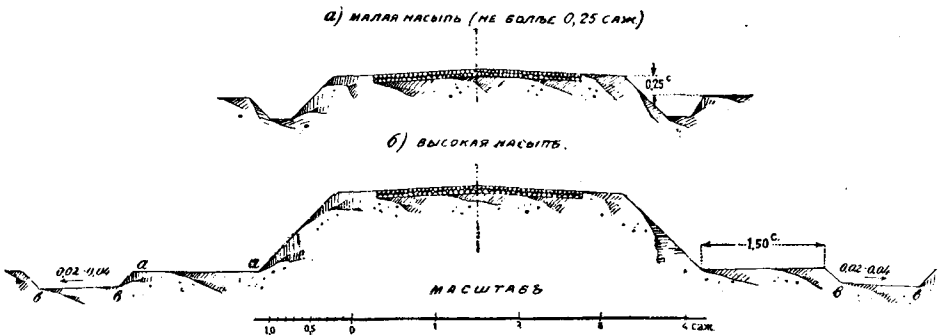
Литература к главе III. 1) Свод трудов местных комитетов Совещания о нуждах сельскохозяйственной промышленности. Гужевые и водные пути. Составлен П. И. Рудченко, С.-Петербург 1904. 2) Материалы к уставу земских гужевых дорог. Очерк развития и современного положения дорожного дела в иностранных государствах, Пгр., 1916. 3) Очерк развития дорожного и мостостроительного дела в ведомстве путей сообщения, составленный инженером А. А. Гельфером, СПб. 1911. Очерк этот содержит много ценных исторических и статистических сведений; некоторые из фигур в настоящей книге взяты из этого труда.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА. ШИРИНА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ.

Существенными частями дороги являются: 1) *земляное полотно*, 2) *искусственные сооружения* — мосты и трубы, 3) *проезжая часть*.

§ 29. **Земляное полотно.**¹ Наиболее распространенным типом дорожного полотна, в обыкновенных условиях, является *неввысокая насыпь* (фиг. 67а и 68) 0,25 — 0,50 м над поверхностью земли. Полотно, устроенное в такой небольшой насыпи, быстро просыхает после дождя и таяния снега под действием естественного стока воды, солнца



Фиг. 67. Устройство дорожного полотна в насыпи.

и ветра. Для лучшего отвода поверхностных и грунтовых вод, с боков невысокой насыпи (при высоте менее 0,50 м) делаются боковые *канавы* или, как их называют, *кюветы*, глубиной 0,50 — 0,70 м. Земли, взятой из кюветов, по большей части достаточно для устройства небольшой насыпи; если нет, то приходится закладывать резервы (фиг. 67б).

Если дорогу требуется устроить выше поверхности земли, то полотно ее делается в виде насыпи (фиг. 69 а, а также 25); части AC и BD называются *откосами*. Если, наоборот, полотно дороги приходится опустить

¹ Подробности устройства земляного полотна см. Г. Д. Дубелир и В. М. Толстопятов „Земляные работы“, Госиздат 1927, гл. II и III.

ниже поверхности земли, то его делают в выемке (фиг. 69 б). Для отвода воды, по обеим сторонам выемки, устраиваются канавы, или *кюветы*.

При высоких насыпях в таких кюветах надобности нет; землю для насыпи берут или из соседних выемок (продольная возка), или из *резервов вв* (фиг. 67 б), которые вырываются по обеим сторонам. Промежуток *аа* между резервом и насыпью называется *бермою*.

Из выемок землю стараются по возможности вывезти в соседние насыпи, уменьшая, а иногда и доводя до нуля, объем резервов. Если выемка дает еще некоторый избыток, то землю складывают по сторонам в виде правильно спланированных *кавальеров*.

Если местность имеет поперечный склон, то как выемки, так и насыпи должны быть соответствующим образом ограждены нагорными канавами.



Фиг. 68. Вид полотна на невысокой насыпи. (Николаевская магистраль на Д. Востоке.)

На местности, имеющей значительный уклон в поперечном направлении к оси дороги (так наз. *косогор*), случается, что одна часть дороги оказывается в выемке, другая в насыпи (фиг. 69 в), или, как говорят, в *полунасыпи-полувыемке*.

В горной местности косогоры имеют большую крутизну и для устройства полотна на обрыве приходится иногда прибегать к устройству выемок в скале (фиг. 63, стр. 88) иногда и установку подпорных стенок.

В Времен. техн. услов. Упр. шосс. дор. имеются следующие указания:

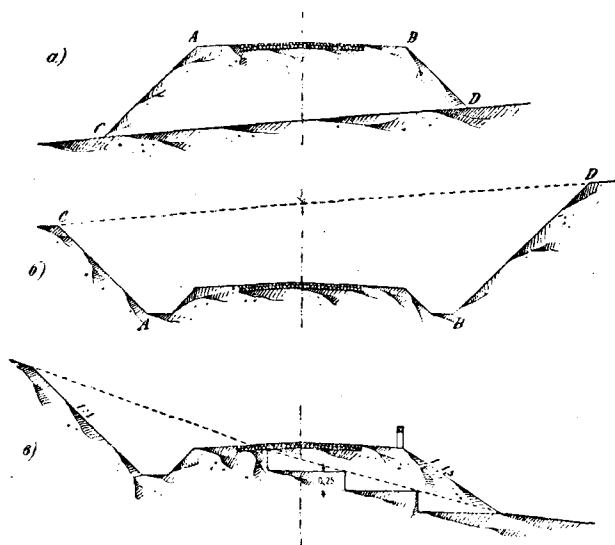
„§ 25. Откосы полотна в насыпях не должны быть круче полуторных, а в пределах разлива рек откосы дамб устраиваются, сообразно с местными условиями, более пологими. В выемках откосы допускаются и круче полуторных, сообразно с качеством грунта.

§ 27. На крутых косогорах (круче $\frac{1}{8}$) для предупреждения сдвигов, подошву насыпи следует проектировать уступами, с уклоном в сторону горы. В надлежащих случаях насыпь должна быть поддержана подпорными стенками.

§ 28. Кавальеры и резервы должны иметь правильный вид и положение, дающее воде сток в сторону от полотна, и отстоять от откосов земляного полотна на такое расстояние, которое обеспечивало бы от обвалов. Дну резервов в поперечном направлении придется уклон в сторону от полотна дороги, а в продольном направлении — к ближайшему искусственному сооружению.

§ 29. В косогорных местах резервы надлежит закладывать преимущественно с нагорной стороны, пользуясь ими для образования нагорных канав и летнего пути. На поймах, вдоль дамб и в таких местах, где с верховой стороны у полотна возможно образование вдоль полотна водотоков, резервы закладываются исключительно с низовой стороны. Расположение кавальеров должно быть выбрано так, чтобы они не могли служить причиной образования снежных заносов.

§ 31. Канавы по обеим сторонам дорожного полотна устраиваются по всему протяжению шоссеиной дороги, за исключением насыпей, высотой более 0,50 м.



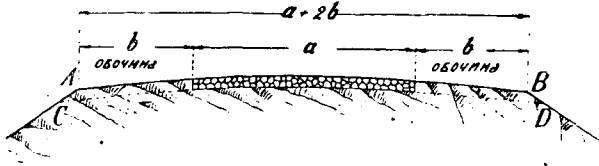
Фиг. 69. Устройство полотна: а) в насыпи, б) в выемке, в) в полунасыпи-полувыемке.

При машинном способе улучшения грунтовых дорог (фиг. 27) по бокам дороги вырываются треугольные кюветы, глубиной 0,3 — 0,7 м для стока воды, а средняя часть полотна делается в виде небольшой выпуклой насыпи, образованной за счет земли, взятой из кюветов. Так устраивается полотно в равнинной местности; в пересеченной местности приходится и в этом случае делать насыпи и выемки, как показано на фиг. 69.

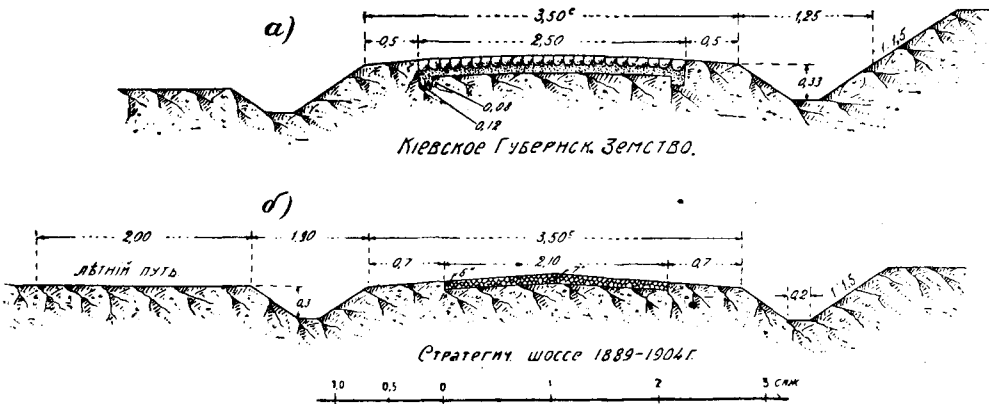
§ 30. Проезжая часть. Полотно шоссеиной и мощеной дороги (фиг. 70 и 71; см. также фиг. 30 и 33) состоит из покрытой каменной одеждой (мостовой или шоссе) проезжей части (а), предназначенной для движения экипажей, и двух незамощенных обочин (б).

Проезжая часть служит для:

- 1) распределения давления от подвижного состава;
- 2) уменьшения сопротивления движению.



Фиг. 70. Составные части дорожного полотна — проезжая часть и обочины.



Фиг. 71. Типичное устройство полотна мощеных и шоссейных дорог.

Давление подвижного состава может быть, примерно, выражено следующими цифрами:

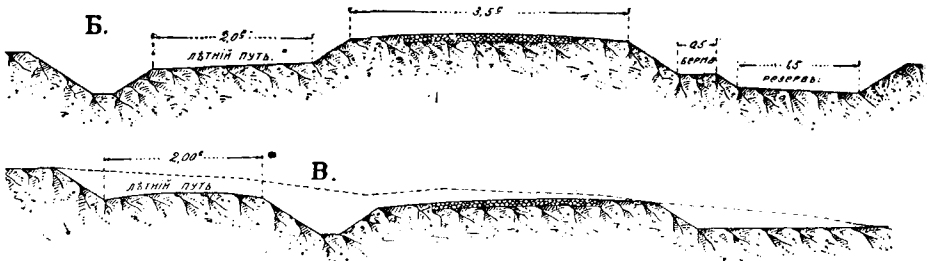
Таблица № 8.

Давление на проезжую часть от разных экипажей.

Тип экипажа	Вес в кг			Ширина ободьев		Давление кг на 1 пог. см ширины обода.
	Собственный	Нагрузка	Всего кг	Одного	Четырех	
				в см		
Обыкновенная подвода . . .	300	500	800	5—8	20—32	25—40
Осетинская арба, с запряжкой 4 лошадьми	650	1 500	2 150	5	20	105
Грузовой автомобиль	4 500	5 000	9 500	2 × 14	56 (зад. к.)	125

Таким образом, давление от грузовиков и некоторых тяжелых арб значительно больше давления обыкновенной подводы. Если условно считать, что в продольном направлении давление распространяется по ободу колеса не более, чем на 5—10 см, то для обыкновенной подводы получим 2,5—8 кг на кв. см, а для тяжелых арб и грузовиков 10—25 кг на кв. см. Последняя величина требует *каменной одежды*. Деформации дорожной одежды под действием колес относятся к разряду *неупругих*, и поэтому для прочности одежды имеет значение *число* повторных деформаций, т. е., другими словами, *интенсивность движения*. При малом движении и грунтовая дорога в состоянии выдержать тяжелые экипажи, при большом — необходима каменная одежда.

Чем ровнее и плотнее одежда, тем меньше усилие требуется для передвижения по ней экипажей, или, как говорят, тем менее *сопротивление движению*. На грунтовой дороге, под давлением колес, образуются колеи. Выдавливание этих колеи, а также трение колес о боковые стенки колеи влечет за собой затрату работы, т. е. увеличение сопротивления движению. На булыжной мостовой, не дающей просадок, сопротивление меньше, чем на грунтовой дороге, но, благодаря толчкам на неровной поверхности, больше, чем на гладком шоссе. Если дорога пролегает



Фиг. 72. Расположение летнего пути и мощеных полос.

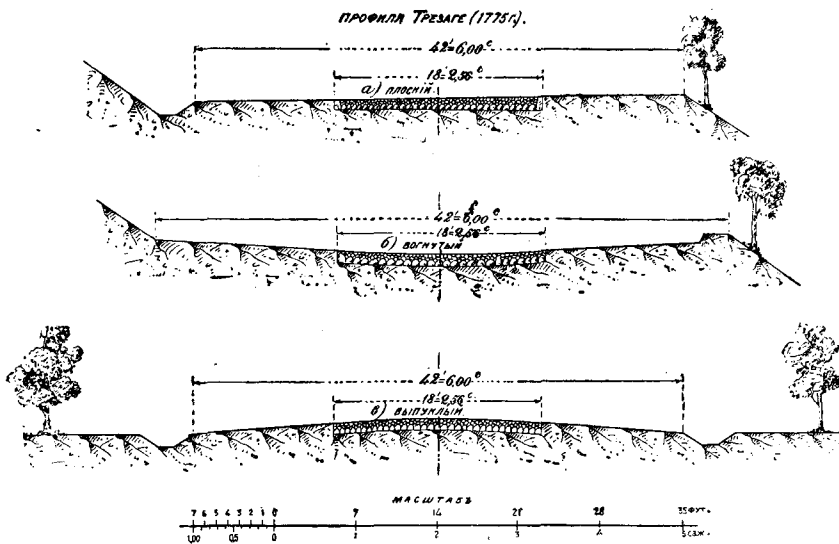
в равнинной местности, то, при одинаковых условиях, можно положить на одноконную подводу по грунтовой дороге до 500 кг, по мостовой 650—800 кг, а по хорошему шоссе 1000—1200 кг. Таким образом, с увеличением прочности проезжей части, удешевляется стоимость перевозок; однако, затраты на каменную одежду оправдываются только при интенсивном проезде.

На некоторых старинных дорогах применялся тип устройства *мощеных обочин рядом с шоссе*, причем мостовая предназначается для тяжелого движения, а шоссе для легковых экипажей. На многих дорогах рядом с шоссе или мостовой имеется еще немощеная грунтовая дорога или так называемый *летний путь*, предназначенный для облегчения в хорошую погоду проезда с неподкованными лошадьми, а также для прогона скота (фиг. 72, Б и В).

На ряду с дорогами с ясно выраженной проезжей частью, прежде существовали еще *скотопрогонные тракты*, имевшие очень большую ширину (до 230 м, а некоторые до 2 км); эта ширина предназначалась для прокорма скота травой. Зимой возникают особые *санные пути*, прокладываемые иногда непосредственно по полям и лесным просекам; существует много санных путей, прокладываемых по льду рек.

§ 31. Выпуклость проезжей части. Предназначенная для экипажей проезжая часть, теоретически, могла бы быть *плоской*, *вогнутой* или *выпуклой* (фиг. 73).

Плоский горизонтальный профиль хотя и удобен для езды, тем не менее не применяется, так как при нем нельзя отвести воду и, следовательно, нельзя обеспечить *прочность* мостовой. На самом деле, достаточно образования хотя бы небольшой *колеи*, или *углубления*, вследствие проезда и случайной где-либо относительной слабости одежды, чтобы в этих местах вода, проникая после дождя в полотно и размягчая его, вызвала бы разрушение мостовой. Этот недостаток свойствен также профилям с *слабой выпуклостью* и *вогнутостью*.



Фиг. 73. Плоский, вогнутый и выпуклый профиль дороги.

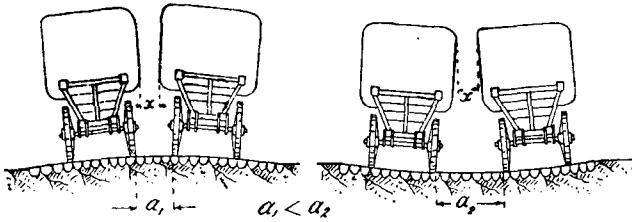
Односторонне наклоненный плоский профиль (фиг. 73 а) применяется иногда на косогорах (фиг. 171 и 173) и закруглениях, но на прямой он неудобен для езды экипажей.

Вогнутый профиль (фиг. 73 б) обеспечивает сток воды, однако, вода собирается посредине дороги и, при значительном продольном уклоне, может размывать одежду, а при слабом застаиваться посредине и размягчать полотно.

Кроме того, встречные подводы наклоняются верхними частями друг к другу (фиг. 74) и для свободы разъезда требуется большая ширина, сравнительно с выпуклым профилем.

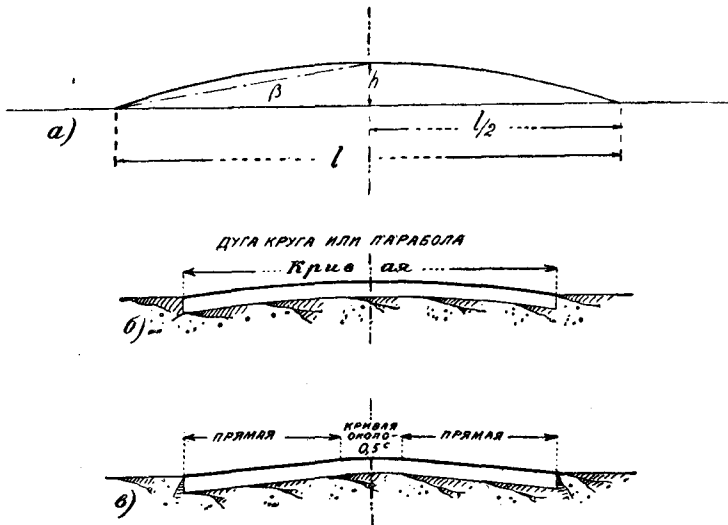
В виду этих недостатков плоского и вогнутого профиля, на современных дорогах почти исключительно применяется *выпуклая проезжая часть* (фиг. 73 в, см. также предыдущие профили разных дорог).

Выпуклость проезжей части может быть охарактеризована: а) поперечным уклоном скатов $\operatorname{tg} \beta = h : \frac{l}{2}$ (фиг. 75 а) или б) отношением стрелки к ширине $\frac{h}{l}$.



Фиг. 74. Положение кузовов экипажей на дорогах с выпуклым и с вогнутым профилем.

Выпуклость может быть или по дуге круга (или параболы) (фиг. 75 б), или же в виде двух прямых, сопряженных в вершине (фиг. 75 в). Дуговое очертание сравнительно плоско в средней части и круто по краям дороги. При прямолинейном профиле (фиг. 75 в) уклон одинаков, но зато средняя горизонтальная полоса, привлекающая езду, более узка.



Фиг. 75. Криволинейное и прямолинейное очертание выпуклости проезжей части.

Чем больше выпуклость, тем лучше отвод воды; но, при слишком крутых поперечных склонах, высоко груженные воза теряют устойчивость, автомобили начинают скользить вбок, что сопряжено с опасностью для их движения; также сани, в особенности при гололедице, получают

сильный раскат. Поэтому приходится выбирать некоторое среднее решение.

Чем более шероховата поверхность дорожной одежды, тем больший поперечный уклон придается проезжей части.

Наибольшей выпуклости (скат около 6%) требуют грунтовые глинистые дороги, поверхность которых сильно портится от застоя воды. Булыжным мостовым, как более шероховатым, придается больший скат: 5% по сравнению с прочной и гладкой шоссейной одеждой.

На шоссе с малым движением (однопутных) езда происходит преимущественно посредине, почему для лучшего отвода воды допускают скаты 4%. Наоборот, для шоссе с большим движением — двухпутных, концентрация проезда посредине нежелательна, поэтому для более равномерного распределения экипажей по всей ширине скаты выпуклости делаются не более 3%. В общем нормы, выработанные практикой, могут быть представлены такой таблицей:

Таблица № 9.

Величина и выпуклость разных дорог.

Род дороги	Поперечный скат в % $\text{tg } \beta = h : l/2$	Выпуклость (отношение стрелки к ширине дороги) $h : l$
Грунтовая глинистая дорога	5 — 6%	$1/40$ — $1/33$
Булыжная мостовая	4 — 5%	$1/60$ — $1/40$
Шоссе с малым движением (однопутн.)	4%	$1/80$
Шоссе с большим движением (двупутн.)	3%	$1/88$
Гудронированные шоссе, асфальтовые дороги	2,5%	$1/80$
Бетонные дороги	1,5 — 2,5%	$1/120$ — $1/100$
Песчаные дороги	0% или вогнутый профиль.	

Если дорога имеет значительный продольный уклон, то сток воды с ее поверхности этим самым обеспечивается и поперечный уклон может быть смягчен. Обозначим продольный уклон через i_1 , поперечный через i_2 и, наконец, наибольший допустимый через i_3 . Легко доказать, что

$$i_{max} = i_3 = \sqrt{i_1^2 + i_2^2}.$$

Отсюда поперечный уклон $i_2 = \sqrt{i_{max}^2 - i_1^2}$. Задаваясь величиной i_{max} , по типу одежды, из вышеприведенной таблицы, можно, для каждого продольного уклона i_1 , определить величину поперечного i_2 .

Для практических целей достаточна такая таблица:

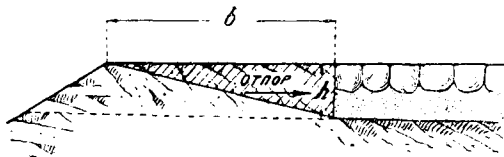
Таблица № 10.

Смягчение выпуклости при увеличении продольного уклона дороги.

Продольный уклон i_1	Шоссе	Мостовая	Грунтовая дорога
	П о п е р е ч н ы й у к л о н i_1		
0‰	2,5‰ — 4‰	3‰ до 5‰	5‰ — 7‰
2‰	} 1,5‰ — 3,5‰	} 2‰ „ 4‰	} 4‰ — 6‰
3‰			
4‰			

Больших смягчений, нежели показано в этой таблице, и, тем более, горизонтального поперечного профиля ($i_2 = 0$ при $i_1 = i_{max}$) делать не следует, так как желательно обеспечить отвод воды вбок к краям дороги, а не вдоль ее, во избежание опасности размыва одежды большой массой воды.

§ 32. Обочины. Земляное полотно делается шире проезжей части, покрытой каменной одеждой (фиг. 70), причем не замощенные края



Фиг. 76. Отпорная призма в обочине, удерживающая мостовую.

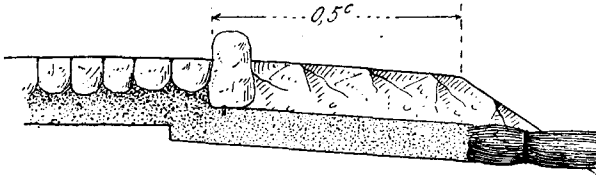
полотна носят название *обочин*. Основным назначением *обочин* является отпор, предупреждающий обвал и разрушение краев каменной одежды под действием езды. Опыт показывает, что достаточный отпор получается при сравнительно

небольшой ширине обочины $b = 0,6 — 0,8$ м (фиг. 76). Для осуществления отпора земля, из которой устроены обочины, должна обладать достаточным сцеплением (смесь песка с глиной или с растительной землей, но отнюдь не чистый песок).

Практически обочине дается размер 1 — 2 м; в горной местности, для сокращения объема земляных работ, ширину обочин можно уменьшать до 0,5 м.

Обочина устраивается в одном уровне с проезжей частью и иногда отделяется оградительными *камями* (фиг. 77), чтобы предупредить езду, вредную для мягкой обочины. Однако, при автомобильной езде, а также при движении воинских обозов такие камни опасны, и их тогда лучше убирать.

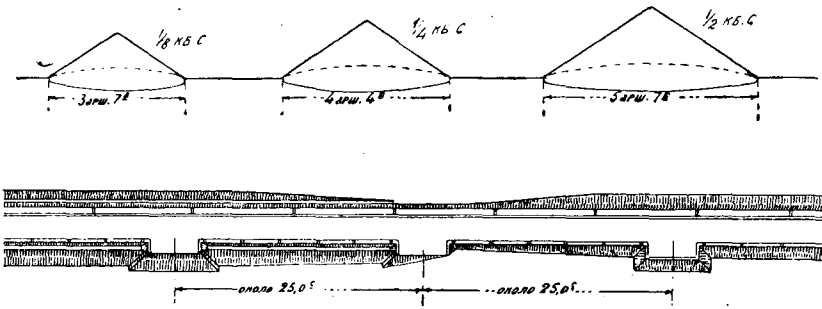
На шоссе обочина служит для размещения запасов щебня, нужного для ремонта. Щебень складывается в виде конусов (фиг. 78), поэтому ширина обочин, для того, чтобы свободно выставлять щебень конусами, должна была бы быть не менее 2,5—4 м. Чтобы не придавать такой большой ширины обочинам по всей длине дороги, уширение обочин делают иногда только местами, с одной (фиг. 78), или, в шахматном порядке, с обеих сторон.



Фиг. 77. Обочина мощеной дороги; оградительный камень и устройство песчаной воронки для осушения основания.

По § 22 Врем. техн. услов. Упр. шосс. дор.

„При проведении шоссе по болотам и разливам рек, где не имеется сухих обрывов, а также в гористой местности при недостаточной ширине полотна, и в населенных пунктах, при ширине обочин менее 1,50 м, назначаются особые площадки, через 200 м одна от другой, длиной по 20 м и шириной 2—3 м, для складывания щебня“.



Фиг. 78. Размеры конусов щебня и уширение полотна для установки конусов.

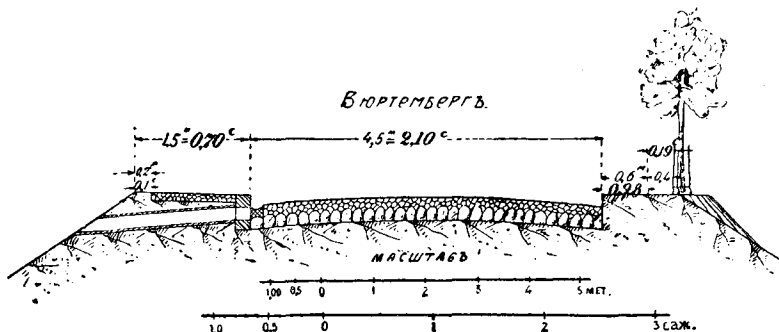
При узких обочинах приходится выставлять щебень не конусами, а продольными призмами.

Заметим, что, кроме поставки свежего щебня, обочины нужны для грохочения щебня, вскиркованного при ремонте шоссе. Если это киркование производить на обрыве (т. е. за канавой), то требуется излишнее перемещение щебня.

Для стока обочине придается поперечный наклон 4‰—6‰.

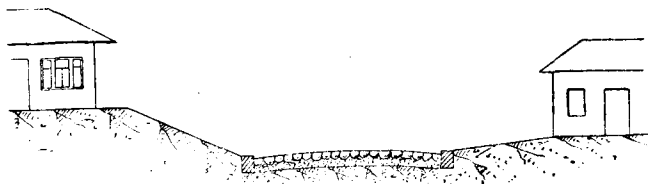
В населенных местах нельзя избежать въезда подвод со стороны на обочины, и поэтому последние также покрываются мостовой.

На некоторых дорогах обочины служат для пешеходного, экипажного или трамвайного движения. Тротуар должен иметь ширину не менее 1,5 м, а лучше 2,5 м. Чтобы предупредить сток грязной воды с проезжей



Фиг. 79. Шоссе с тротуарами на обочинах.

части на тротуар, такие обочины делаются иногда возвышенными, с отделением от проезжей части бордюрами и с особым отводом воды (фиг. 79).



Фиг. 80. Проезжая часть с бордюрами.

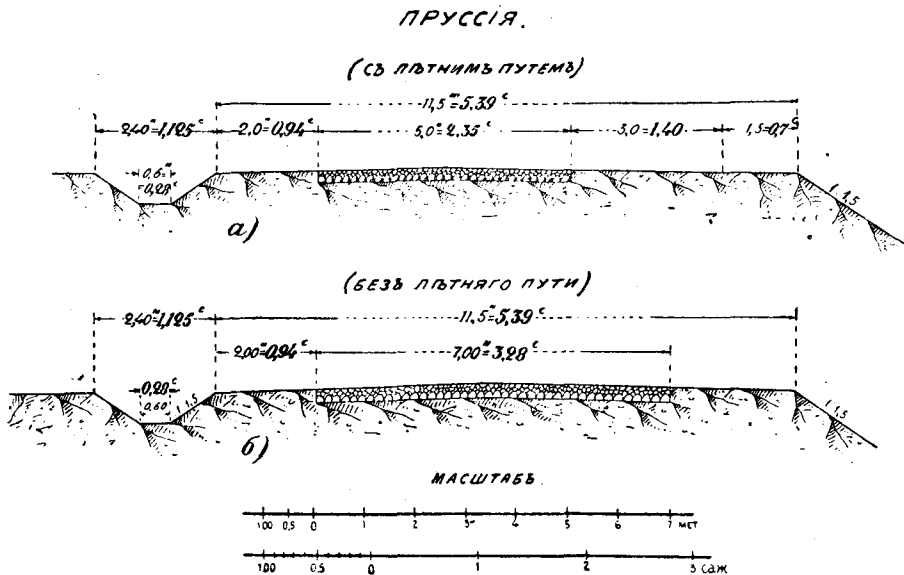
Полотно в бордюрах устраивается при проходе через населенные места по узким улицам, где нет возможности устроить кюветы (фиг. 80)



Фиг. 80 bis. Сельская улица в выемке.

и, в то же время, желательно предупредить езду по обочинам, и тем самым избежать их замощения. Приэтом, в случае расположения полотна ниже домов (фиг. 80 и 80 bis), одна или обе обочины местами могут приобрести характер откосов. Обочины могут быть использованы для проезда, если рядом с каменной проезжей частью располагается незамощенный летний путь (фиг. 81).

Обочина для летнего пути должна иметь ширину не менее 4 — 6 м, поэтому в целях лучшего отвода воды от каменной одежды, целесообразнее летний путь выносить за канаву, т. е. на обрезы полотна.



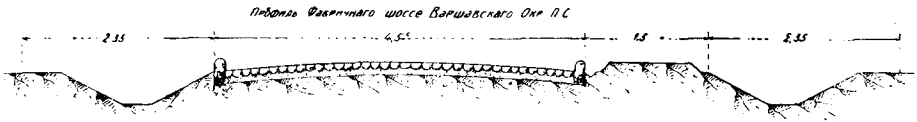
Фиг. 81. Шоссе с обочинами для летнего пути.

§ 33. Трамвайные пути. Вообще говоря, при постройке новых дорог следует везде, где это, хотя бы в будущем, можно предвидеть, оставлять место для прокладки трамвайных путей и местных железных дорог, обеспечивающих дешевое и быстрое сообщение. Расположение этих путей может быть:

1) *В пределах мощеной проезжей части.* Такое расположение крайне нежелательно; сопряжение рельсовых путей с мостовой или шоссеиной одеждой неудобно для езды, затрудняет ремонт шоссе; кроме того, движение вагонов по проезжей части стесняет проезд, представляет опасность наезда и заставляет уменьшать скорость трамвайного движения. Поэтому везде, где такое расположение есть, надо стремиться убрать трамвайные пути с полотна шоссе на обочину или на обрезы (§ 40), а где этого

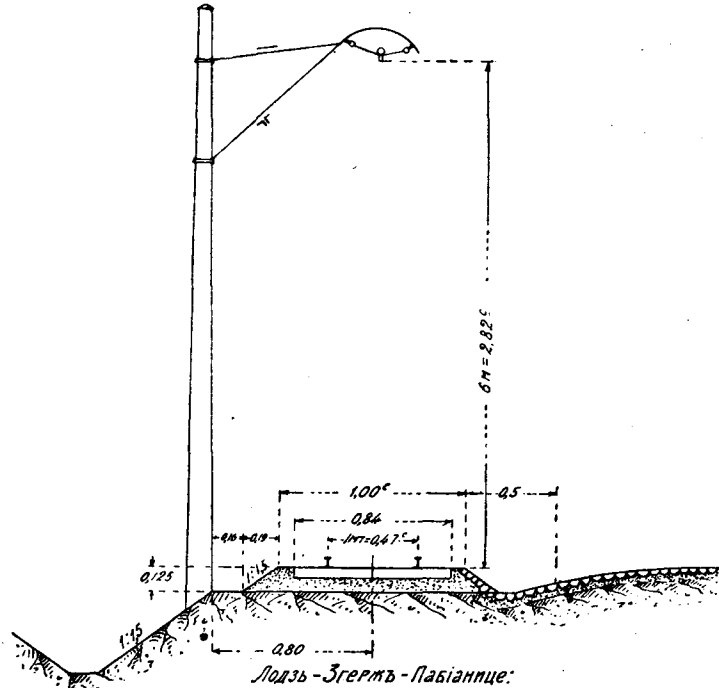
нельзя — перенести на параллельную дорогу с малым движением или на самостоятельное полотно.

2) На незаощенной обочине шоссе (фиг. 82, 83, 84, 85, 86); для одного пути требуется ширина обочины 3 м, для двух путей 6—7 м.



Фиг. 82. Трамвайное полотно на обочине шоссе.

В этом случае трамвайное движение не стесняет проезда, но должно быть обеспечено: а) отвод воды — устройством продольного лотка (фиг. 82, 83) и поперечных выпусков в канаву; б) предупреждение образования на шоссе снежных наносов, для чего шоссе и трамвайное полотно должны



Фиг. 83. Трамвайное полотно на обочине.

быть в одном уровне, в) возможность размещения запасов щебня хотя бы на обрезах или особых площадках (фиг. 78).

3) На обреше шоссе, т. е. за канавой (фиг. 84, 85, 86). Такое расположение трамвайных путей является удобным; только на участках дорог,

застроенных домами, между трамвайным путем и домом должна оставаться достаточная полоса для устройства тротуаров; впрочем, выезд из усадеб сразу на трамвайный путь является приятном, во всяком случае, не безопасным.

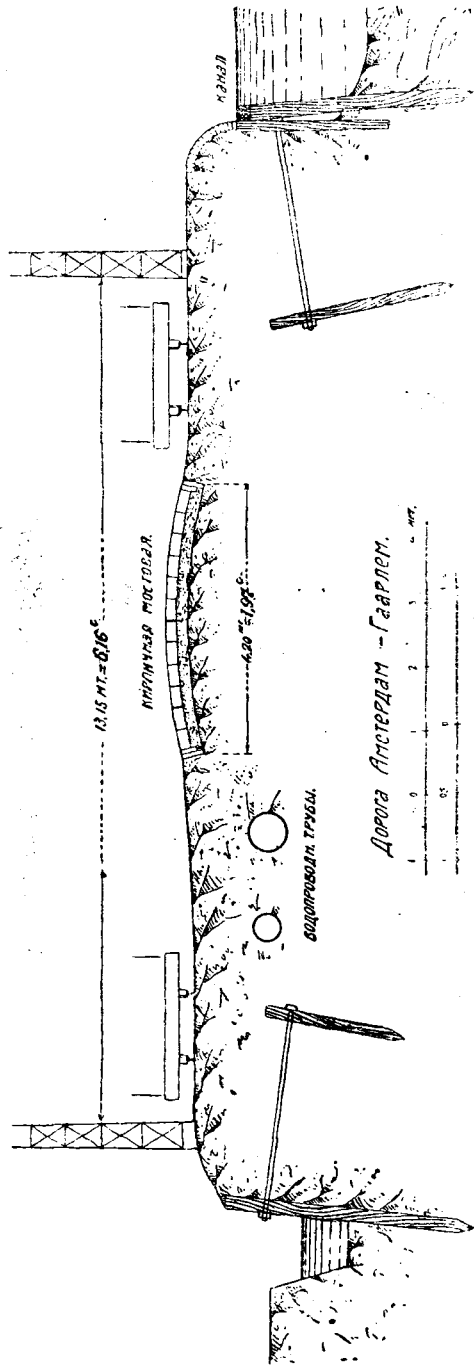
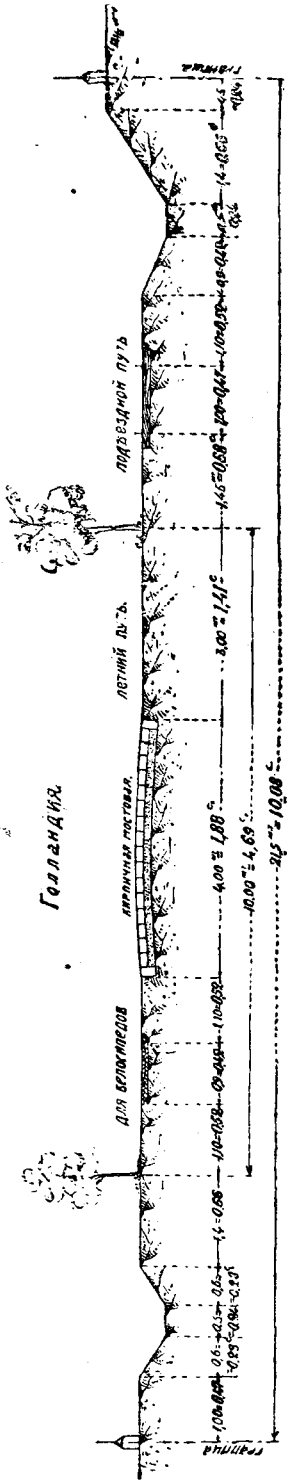
4) *Посредине дороги* на незамощенной полосе между двумя мощеными полосами проезжей части для автомобилей (фиг. 87). Такое расположение, называемое в Америке „бульваром“, применяется последнее время для автомобильных магистральных и сверх-магистральных дорог (§ 16). Оно, несомненно, наилучшим образом удовлетворяет требованиям безопасности



Фиг. 84. Укладка трамвайного пути на мощеной дороге Лодзь — Згерж.

и трамвайного и автомобильного движения, но требует большой ширины дороги (§ 38) и двойной проезжей части.

§ 34. *Ширина проезжей части.* На грунтовых дорогах проезжая часть составляет одно целое с земляным полотном (фиг. 27, на стр. 44) На мостовых и шоссе проезжей частью считается только покрытая камнем полоса (фиг. 70 и 71, стр. 103). Для таких дорог вопрос о ширине проезжей части имеет большое экономическое значение. Стоимость *каменной одежды* составляет от 60% до 80% всей стоимости сооружения дороги. Поэтому путем только уменьшения ширины мощения, например, с 5,5 м до 4,5 м, можно удешевить сооружение дороги на 10—15%, т. е., другими словами, за одни и те же средства можно выстроить на 10—15% больше дорог.



Фиг. 85 и 86. Дороги с путями для трамвеев и велосипедистов.

С другой стороны, только при достаточной ширине проезжей части обеспечивается *удобство проезда* в смысле разъезда встречных экипажей и обгона медленно движущихся грузовых повозок легковыми экипажами и автомобилями и *пропускная способность*.

Кроме того, чем уже дорога, тем сравнительно скорее изнашивается ее каменное покрытие под действием проезда. Поэтому, *ширина проезжей части должна сообразоваться с интенсивностью движения по дороге*.



Фиг. 87. Бульварная сверхмагистраль с трамвайным путем посредине.

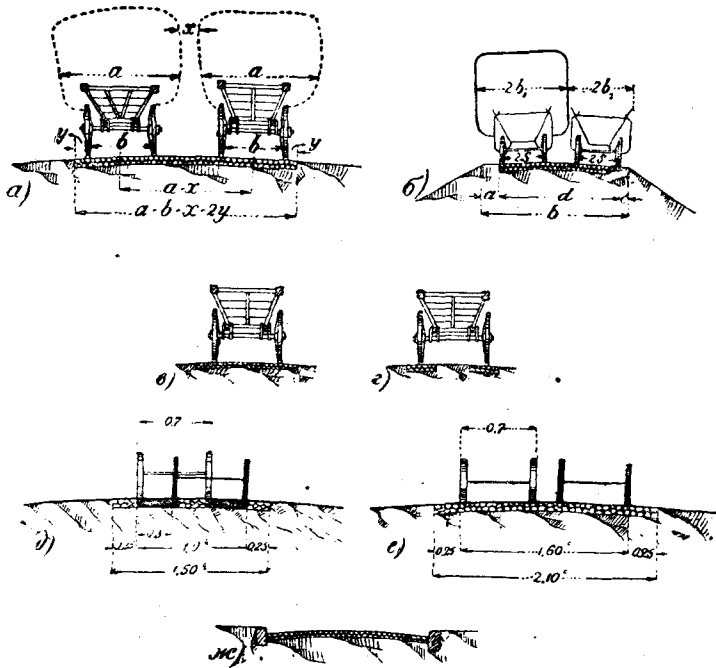
При *большом* движении необходима достаточно широкая полоса для удобства встречи и обгона экипажей, а также для предупреждения быстрого износа каменной коры.

При *слабом* движении проезжая часть должна быть возможно узкой, для достижения возможной экономичности дороги.

§ 35. Ширина проезжей части с точки зрения удобства и безопасности движения. *Теоретическая минимальная ширина проезжей части* может быть определена, если рассматривать положение экипажей при встрече. На схеме (фиг. 88 а) экипажи расположены таким образом, что: 1) между кузовами остается некоторый свободный зазор x , необходимый для безопасности встречи; 2) колеса идут не по самому краю мощеной одежды, а на расстоянии y от этого края.

При таких условиях, если ширина кузова экипажа — a , а ширина колесного хода — b , то наименьшая ширина проезжей части выразится через (фиг. 88 а)

$$A = a + b + x + 2y.$$



Фиг. 88. Схема расположения экипажей при разной ширине проезжей части.

Для численного определения этой ширины, в метрах, можно положить:

Таблица № 11.

Расчетные ширины габаритов экипажей.

Виды экипажей	Ширина кузова a	Ширина колесного хода b
Легковой автомобиль	1,7 — 1,8 м	1,4 — 1,5 м
Конная подвода	1,8 "	1,5 "
Грузовой автомобиль	2,2 — 2,5 "	1,6 "
Автобус	2,4 — 2,7 "	1,6 "
Фургон с мебелью, воз с сеном	2,4 — 3 "	1,5 "

Для конных подвод величину зазоров x и y достаточно принимать в 0,2 м. Но для автомобилей эту величину x следует брать 0,6—1 м, y не менее 0,4 м. На скользкой дороге, покрытой грязью, а также на спусках, поворотах, автомобили получают стремление к движению вбок (их задние колеса заносятся в сторону, так же как сани на раскате). Поэтому для безопасности быстроходного движения следует величину x увеличить до 1—1,2 м, а y до 0,4—0,6 м. Таким образом, для возможности разъезда двух экипажей по схеме (фиг. 88 а), ширина проезжей части A определяется следующим образом:

Таблица № 12.

Э к и п а ж и	a	b	x	$2y$	A
Две конных подводы	1,8	1,5	0,20	0,4	3,9
Два фургона	2,4	1,5	0,20	0,4	4,5
Два автобуса или грузовика	2,4	1,6	0,60	0,4	5,0
Автобус и легковой автомобиль	2,1	1,6	1,0	0,8	5,5
Два быстроходных автомобиля	2,0	1,6	1,2	1,2	6,0

Именно такие ширины и дает практика (§ 37). Ширина 4,5 м принята на многих шоссе и б. земских дорогах и оказалась вполне достаточной для конного движения. Ширина 5,5 м достаточна для смешанного движения—конного и автомобильного. Для значительного быстроходного автомобильного движения со скоростью 40—60 км в час требуется ширина 6—6,5, а для новейших автобусов большой скорости даже до 7,5 м.

§ 36. Ширина дорог и пропускная способность. Пропускной способностью дорог называется наибольшее количество экипажей, которое может проехать в течение часа через определенное сечение дороги. Пропускная способность определяется:

1) числом полос по ширине дороги, по которым могут идти экипажи один за другим;

2) условиями движения—минимальными расстояниями между экипажами, продолжительностью остановок, расположением мест для стоянок и т. д.;

3) скоростью движения.

При сколько-нибудь значительном движении требуется не менее двух полос для свободного разъезда экипажей (§ 35). Однако, при возрастании движения и необходимости разделить быстроходное пассажирское движение от грузового необходимо иметь три, или даже четыре полосы. Для сто-

янки экипажей около тротуаров, зданий, пунктов остановки необходимо иметь самостоятельные полосы. Поэтому на городских улицах и застроенных пригородных участках дорог может понадобиться по три полосы с каждой стороны, т. е. всего шесть полос (не считая трамвайных путей). Считая ширину каждой полосы для автомобильного движения в 2,5—3 м (§ 35), получим ширину четырехполосной дороги 10—12 м, шестиполосной — 15—18 м. Пропускная способность каждой полосы определяется интервалом и скоростью движения. Интервалы между автомобилями должны быть достаточными для возможности торможения при наибольшей скорости.

Если обозначить через N —пропускную способность полосы, т. е. число автомобилей, которые могут пройти в час, V —скорость движения автомобилей в км/час, l —длину автомобиля, x —наименьшее расстояние (интервал) между двумя автомобилями в метрах, то наибольшая пропускная способность одной полосы

$$N = \frac{1\,000\,V}{x + l}.$$

Наименьшее возможное расстояние x между автомобилями зависит от условий торможения и, вообще говоря, увеличивается быстрее, чем скорость движения, а пропускная способность уменьшается.¹

Наблюдения показывают, что наименьшее расстояние, допустимое между двумя автомобилями, следующими один за другим, может быть представлено такой таблицей:

	Скорость км в час			
	15—25	40—50	60	90
1) Наименьшее расстояние, возможное при благоприятных условиях	5—10 м	20—25 м	—	—
2) Расстояние вполне безопасное по условиям торможения	15 м	25—35 м	60 м	140 м

Полагая $l = 6—7$ м, получим для скорости около 45 км/час теоретическую возможную пропускную способность $N =$ около 1 200 автомобилей в час. Фактически в часы наиболее интенсивного движения по американским шоссе по одной полосе проходят не более 1 200 и в исключительных случаях до 1 500 машин в час. Такое движение, однако, должно быть совершенно безостановочным (интервал по времени 2,5—3 секунды). При малейших замешательствах или остановках в пути

¹ См. по этому вопросу детальное исследование инженера Руссель, Пропускная способность шоссе и рельсовых путей в „Genie Civil“ за 1926 г., от 20 ноября, а также формулы американских инженеров в журнале Good Roads, февраль 1927.

(автобусы) пропускная способность сильно падает. При защите Вердена в 1916 г. грузовики пропускались один за другим с интервалом 14 сек. при скорости 15 км в час, т. е. с интервалом по длине 50 м, что соответствовало пропускной способности 260 машин в час. Для автобусной линии, считая на остановку для приема и высадки пассажиров разгон и замедление, $\tau = 15$ сек., получим:

$$N = \frac{3600}{\tau} = 240 \text{ машин в час,}$$

при $\tau = 20$ сек.

$$N = 180 \text{ машин в час.}$$

При расчетах массовых срочных перевозок, повидимому, не следует идти дальше пропускной способности 250 машин в час по одной полосе.

§ 37. *Ширина проезжей части с точки зрения распределения движения и износа дорожной одежды.* С уменьшением ширины дорожной одежды увеличивается ее износ. Это заставляет, помимо соображений об удобстве проезда, держаться известного *минимума ширины, в зависимости от прочности одежды и интенсивности проезда.*

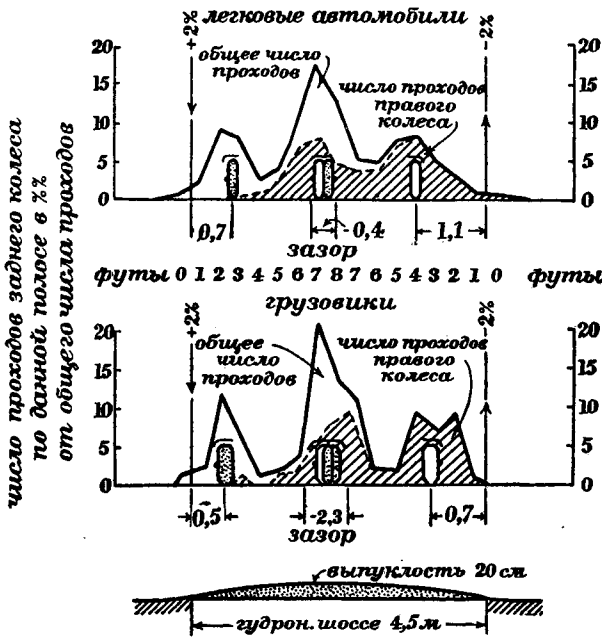
Именно поэтому нельзя, напр., мостить дороги только на ширину для проезда одной подводы (фиг. 88 в) или даже, как это много раз безуспешно предлагалось, покрывать каменной одеждой только две узкие полоски для прохода по ним колес (фиг. 88 г). Хотя, при слабом движении, встреча могла бы, без особых затруднений, совершаться по немощеному пути, однако, на такой узкой одежде, под действием проезда по одному и тому же месту, вскоре образуются *колеи*, в которых застаивается вода, и дорога разрушается. Но и помимо таких исключительно узких путей вообще дороги неполной ширины подвергаются ненормальному износу.

Из схемы (фиг. 88 д) видно, что, при ширине проезжей части в 3,2 м, наиболее утилизируются только две полоски по 0,65 м.

При ширине в 4,5 м (фиг. 88 е) равномерно утилизируется вся средняя полоса $4,5 - (2 \times 0,5) = 3,5$ м. Так что, при уменьшении общей ширины в $\frac{4,5}{3,2} = 1,40$ раза, износ увеличивается в $\frac{3,5}{2 \times 0,65} = 2,65$ раза.

Этот расчет построен, конечно, на условной схеме. Но и в действительности наблюдается быстрое увеличение износа с уменьшением ширины проезжей части. *Поэтому, чем мягче материал одежды и чем сильнее проезд, тем ширина проезжей части должна быть больше.*

В 1924 г. Бюро исследования дорог в С.-А. С. Ш. произвело ряд систематических наблюдений над действительным распределением проезда по ширине



Фиг. 89 а. Движение на ширине 4,5 м.

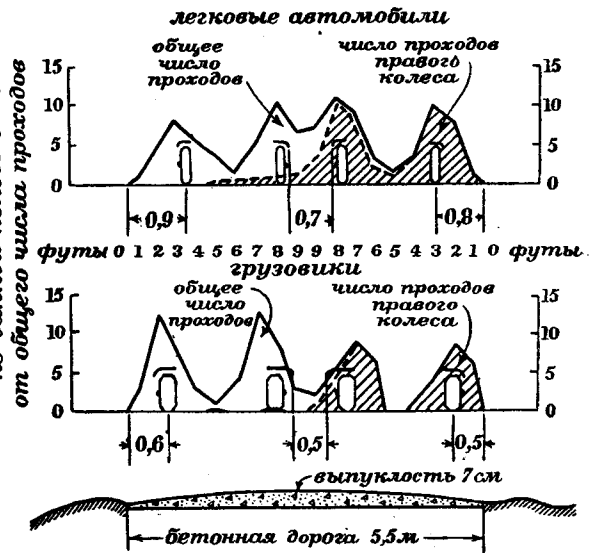
проезд распределяется значительно равномернее. При ширине 7,2 м (фиг. 89 в) проезжая часть становится мало использованной (для грузового движения в средней части).

На фиг. 90 представлены средние величины зазоров x — между экипажами и y — от колеса до края дороги, фактически наблюдавшиеся. Как видно из этих схем, наименьшее значение величины y для грузовых автомобилей было 0,4—0,6 м. Что касается зазора x между экипажами, то при ширине 5,4 м он имел недостаточную величину 0,5 м, а при ширине 6 м достигал величины 1,2 м, соответствующей удобному и безопасному движению. При ширине 7,2 м величина зазора x становится излишне большой, $x=1,5—1,8$ м.

Все эти наблюдения позволили прийти к вы-

¹ Public Roads, March 1925.

дороги. ¹ Дорога делилась краской на полосы, шириной 1 фут = 30 см, и наблюдатели записывали, сколько проходов колес автомобилей (правого колеса) приходится на каждую полосу. На фиг. 89 показано распределение проезда при ширине проезжей части 4,5 м, 5,5 м и 7,2 м (15', 18' и 24',) причем по оси ординат отложена относительная густота проезда в процентах от общего числа автомобилей. Кривые ясно показывают, что при ширине 4,5 м (фиг. 89 а) движение концентрируется на трех определенных колесах, где и должен получаться большой износ. При ширине 5,5 м (фиг. 89 б)

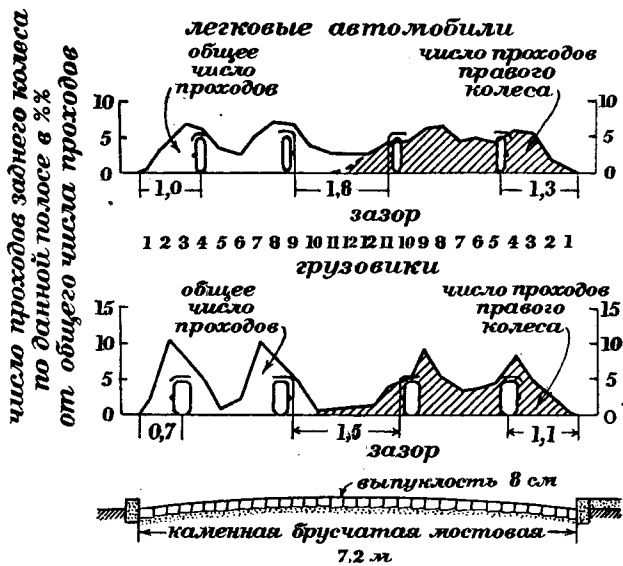


Фиг. 89 б. Движение на ширине 5,5 м.

водам, что, с точки зрения современных условий автомобильного проезда, ширина проезжей части шоссе в 6 м является вполне достаточной для двухпутного движения и большие ширины излишними.

В 1925—26 г., по указаниям автора настоящей книги, инженер Н. А. Тарасов произвел сопоставление описанных американских исследований с действительным образованием колеи на наших естественных, т. е. неулучшенных грунтовых дорогах (на Самарских губтрактах.) На различных участках дорог измерялась характерная глубина колеи от прохода колес, род грунта и величина грузонапряженности. На фиг. 91 представлены результаты этих наблюдений, показывающие, что колеиность сильно убывает при увеличении ширины неулучшенной дороги до 20—30 м, после чего дальнейшее увеличение ширины пользы не приносит. Чем

податливее грунт и чем больше грузонапряженность, тем ширина дороги должна быть больше. Для супесчаных грунтов достаточно ширины 10—15 м, тогда как для чернозема при среднем движении около 3000 т в год требуется около 30—40 м. Старинные грунтовые тракты только потому и выдерживали 100 лет без всякого ремонта, что имели ширину 20—60 м. Разумеется, такие большие ширины нужны для грунтовой дороги при отсутствии за ней всякого ухода. Придание дороге выпуклого профиля



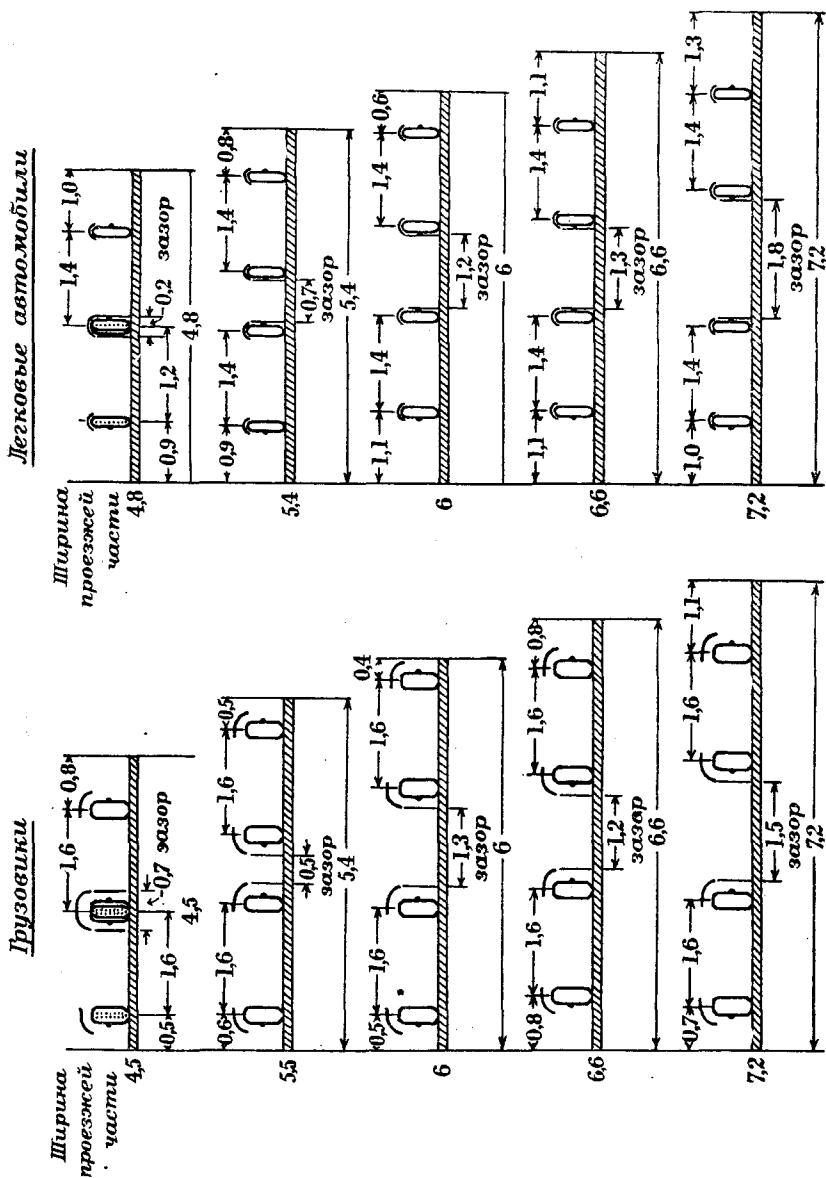
Фиг. 89 в. Движение на ширине 5,5 м.

и организация систематического ремонта дают возможность сократить необходимую ширину проезжей части до 6—8 м. Однако, зависимость минимальной необходимой ширины от рода грунта и величины грузонапряженности остается в силе и в этом случае.

На фиг. 92 представлены аналогичные кривые, выведенные из американских диаграмм (фиг. 89). Наибольшая колеиность, очевидно, пропорциональна величине наибольшей ординаты $y = f(a)$, где a — ширина проезжей части. Коэффициент использования проезжей части может быть представлен под видом ординаты $\eta = 1 - \frac{\lambda}{a}$, где λ ширина малоиспользованных полос, на которых густота проезда менее 20% средней густоты. Из этих кривых ясно видно, что причиной уменьшения колеиности является меньшее использование ширин проезжей части.

В общем, следовательно, наблюдения показывают, что ширина проезжей части должна быть тем больше, чем больше грузонапряженность и чем слабее материал проезжей части в отношении сопротивляемости

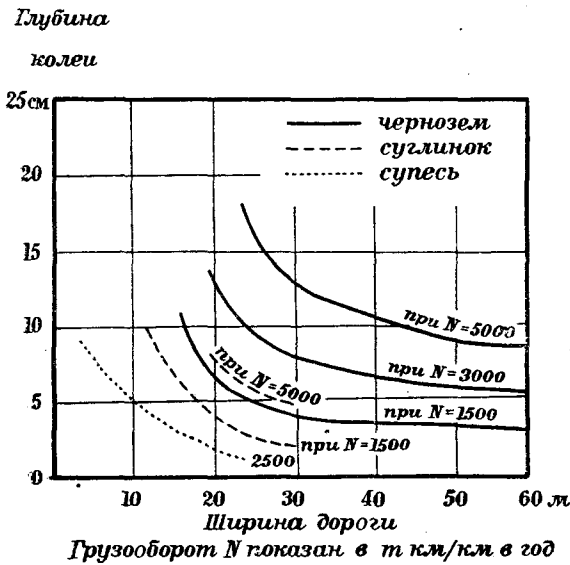
деформациям и износу под действием проезда. Для каждой интенсивности проезда и рода одежды существует некоторая ширина, за пределом которой дальнейшее уширение дороги становится бесполезным.



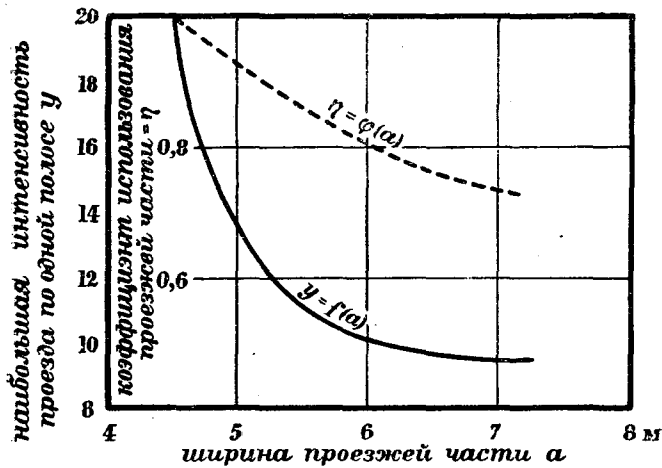
размеры в метрах

Фиг. 90. Величины зазоров, наблюдавшиеся при разной ширине проезжей части.

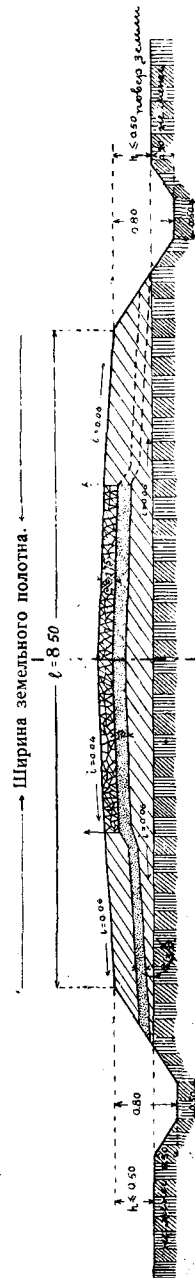
§ 38. Фактическая ширина проезжей части на разных дорогах. *Нормальная ширина.* Отделом шоссежных и грунтовых дорог ЦУМТа рекомендуется для новых построек и капитальной перестройки суще-



Фиг. 91. Зависимость между шириной грунтовой дороги и глубиной колеи при разных грунтах и грузонапряженности.



Фиг. 92. Использование проезжей части в зависимости от ее ширины.

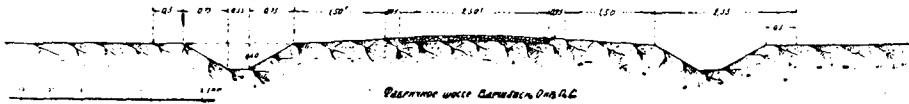


Фиг. 93. Нормальный поперечный профиль шоссе с дорожкой.

ствующих участков следующая нормальная ширина проезжей части шоссе с сейных и мощеных дорог (фиг. 70, 93):¹

для слабого движения $a = 3,5$ м
 » среднего » $a = 4,5$ м
 » сильного » $a = 5,5$ м

В довоенной практике ширина 4,5 м (2,10 саж.) преобладала на земских дорогах, она же была принята в 90-х годах при постройке стратегических шоссе (фиг. 71 б). Ширина 5,5 м (2,5 саж.) была при-



Фиг. 94. Шоссе большой ширины в Пруссии.

нята на более старых казенных шоссе (фиг. 94), а также на б. земских дорогах на участках с более сильным движением, напр., около городов и в больших селах.

Заграничная практика. В Пруссии для шоссе с летним путем (т. е. с возможностью разъезда по немощеной полосе) (фиг. 81 а), проезжая часть 4—5 м, а без летнего пути (фиг. 81 б) до от 4,5 до 7 м, смотря по интенсивности движения, как показано в следующей таблице:

Таблица № 13.

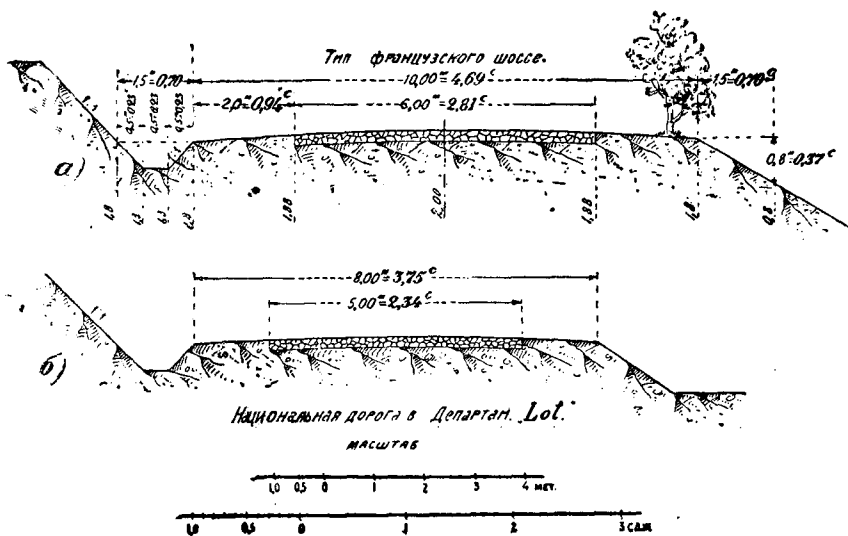
Нормальные размеры прусских шоссе, в метрах.

А. С летним путем					Б. Без летнего пути			
Ширина земляного полотна	Ширина каменной проезжей части	Летний путь	Обочина для щебня	Обочина для пешеходов	Ширина земляного полотна	Ширина каменной проезжей части	Обочина для щебня	Обочина для пешеходов
11,5	5,0	3,0	2,0	1,5	11,5	7,0	2,25	2,25
10,0	4,5	3,0	1,5	1,0	10,0	5,6	2,20	2,20
9,5	4,5	2,5	1,5	1,0	9,5	5,0	2,25	2,25
9,0	4,5	2,5	1,5	0,5	9,0	5,6	2,00	1,40
8,5	4,0	2,0	1,5	1,0	8,0	5,0	1,80	1,20
8,0	4,0	2,5	1,0	0,50	7,5	5,0	1,50	1,00
—	—	—	—	—	7,5	4,5	1,80	1,20
—	—	—	—	—	7,5	4,5	1,50	1,50
—	—	—	—	—	7,0	4,5	1,50	1,00

¹ См. Сборник 14 ЦУМТа.

Во Франции ширина шоссейной одежды обычно от 5 до 6 м, т. е. 2,35 — 2,80 саж. (фиг. 95, 96.)

В Америке, в прежнее время при гужевом транспорте, нормальная ширина шоссе была 14' — 16' = 4,2 до 5 м (фиг. 97, 98). В настоящее

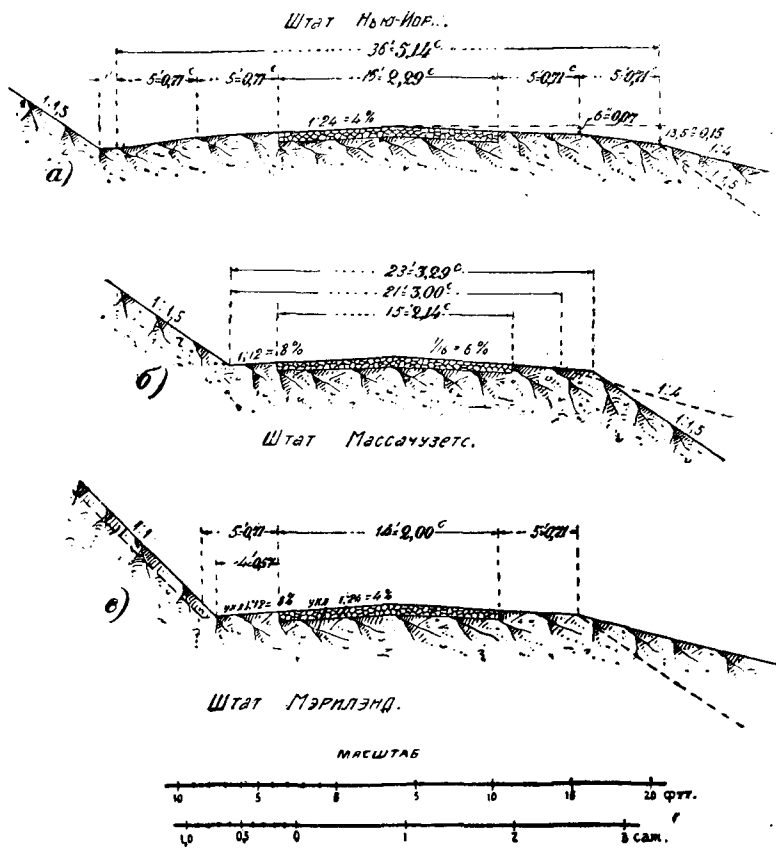


Фиг. 95. Широкие шоссе во Франции.

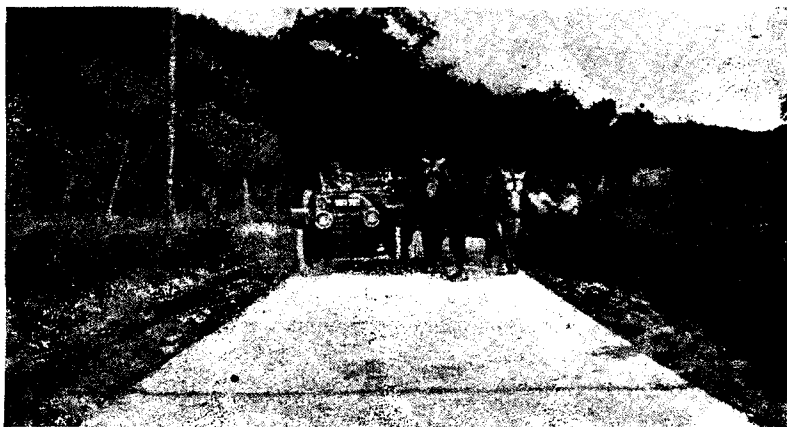


Фиг. 96. Национальная дорога во Франции (ширина одежды 7,5 м).

время, с заменой гужевого транспорта автомобильным, нормальная ширина двухполосного шоссе увеличилась до 18' — 20', т. е. до 5,5 — 6 м (фиг. 99).



Фиг. 97. Типы прежних американских шоссе для гужевого транспорта.



Фиг. 98. Разъезд экипажей на шоссе шириной 12' = 3,6 м.

Малая ширина. Там, где движение слабо, а постройка шоссе дорога, и в прежнее время применялась малая ширина одежды, с разъездом по обочинам. Таковы, прежде всего, *горные шоссе*, где, благодаря топографическим условиям, прокладка полотна обходится очень дорого. Военно-грузинское шоссе (фиг. 100), например, имеет ширину проезжей части 4,25 м, Южнобережное крымское 3,20—4,25 м (фиг. 101—103), ту же ширину—3,20 м имеет Черноморское шоссе (фиг. 104).

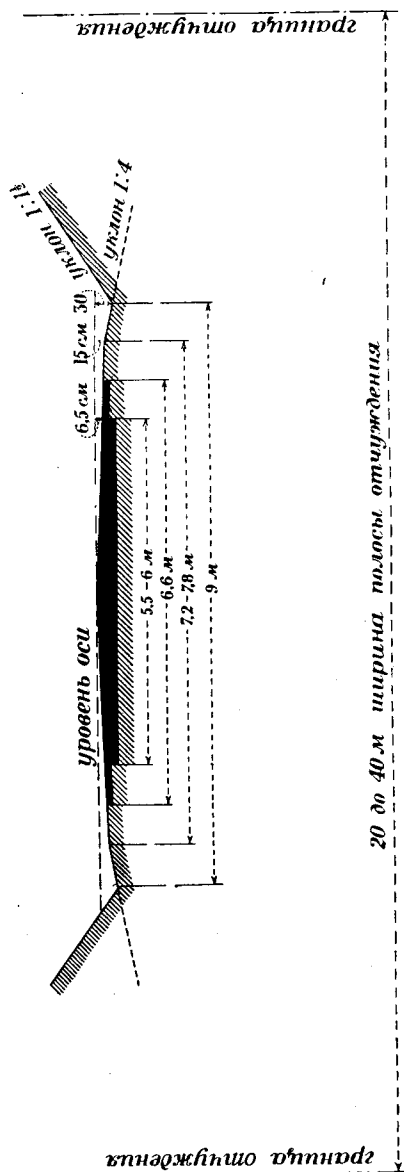
Однако, за последние годы (1924—1927) именно на этих шоссе стало быстро нарастать автомобильное движение, и эти ширины становятся явно недостаточными.

Далее, малая ширина применяется также на подъездных путях с слабым сравнительно движением. Так, напр., Московское земство для путей с слабым движением допускало ширину мощения всего 2,85 м при ширине полотна 8,5 м (фиг. 105).

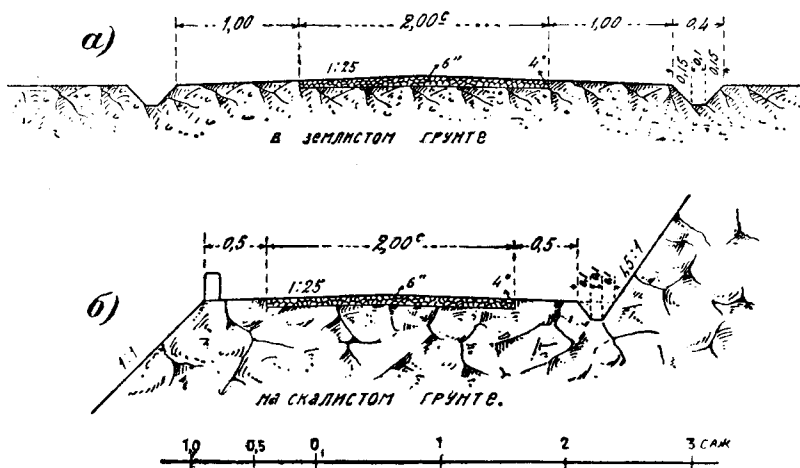
При такой ширине 2,85 м шоссе, разумеется, быстро изнашивается; однако, применяя такой тип, Московское земство имело в виду построить сразу как можно больше верст дорог и дать проезд населению, хотя бы и пришлось больше тратить на ремонт до того времени, пока не будет возможности довести ширину дороги до нормальной.

Из *заграничных примеров* узкой ширины упомянем бельгийские шоссе, шириной 3 м (фиг. 106), а также голландские дороги, шириной около 4 м (фиг. 85 и 86, стр. 114). В Германии на некоторых дорогах с слабым движением взято 3 м, причем (фиг. 88 б) принята схема одной подводы грузовой, а встречной порожней. В Бадене ширина изменяется в зависимости от проезда:

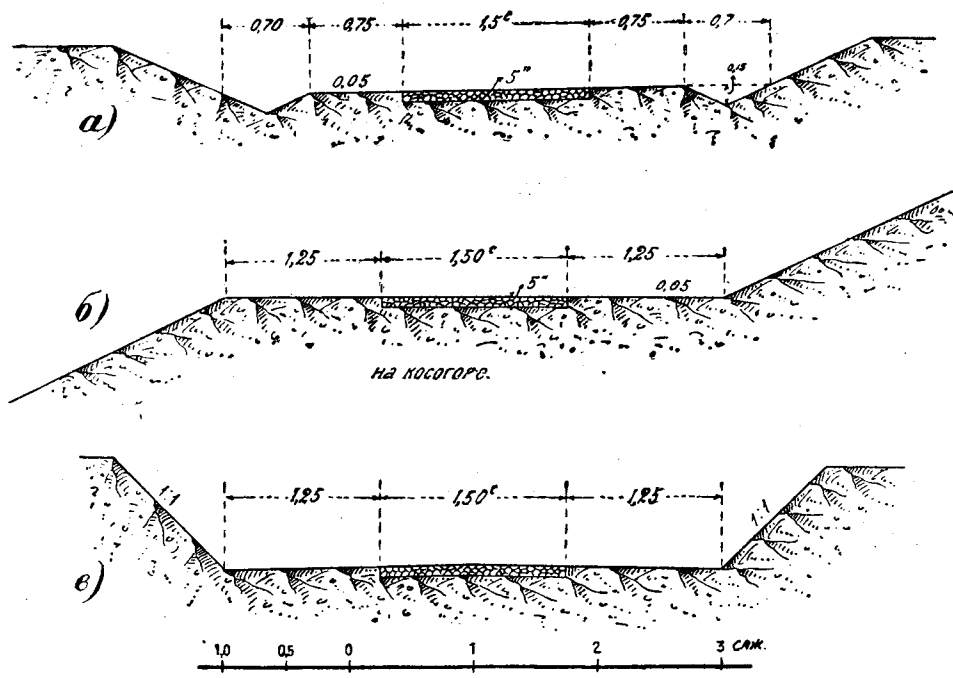
Число лошадей в сутки:	Менее 30	30 — 60	60 — 100	Более 100.
Ширина замощения м:	3,5	4	4,5	4,75



Фиг. 99. Современное американское шоссе для автомобильного транспорта.

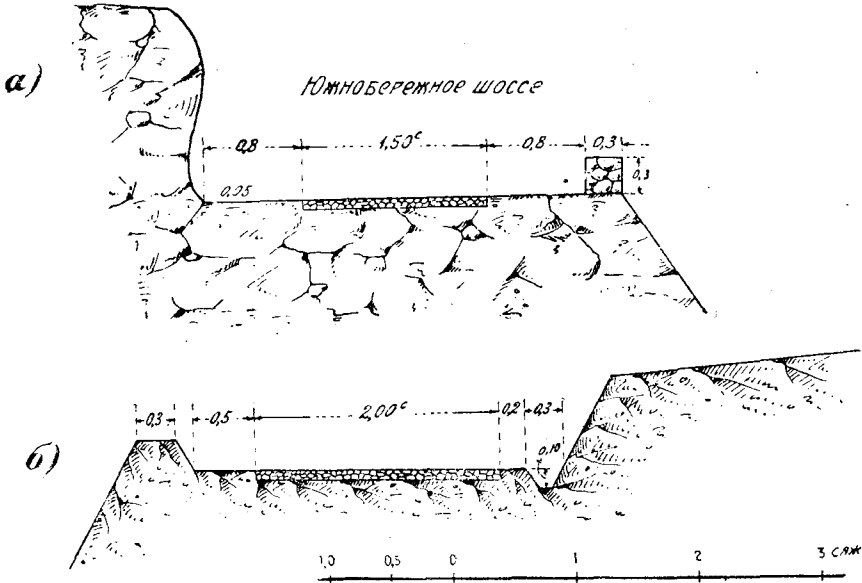


Фиг. 100. Военно-Грузинская дорога.



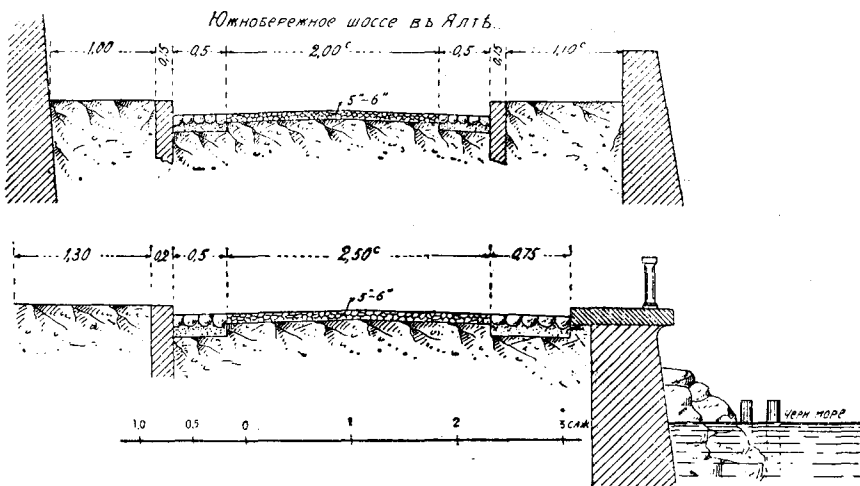
Фиг. 101. Южнобережное Крымское шоссе.

На фиг. 107 представлены профили с узкой проезжей частью, применяемые для полевых и лесных дорог в горных местностях Вюртемберга, а также тип узкой проселочной дороги, устраиваемой вдоль железнодорожного полотна.

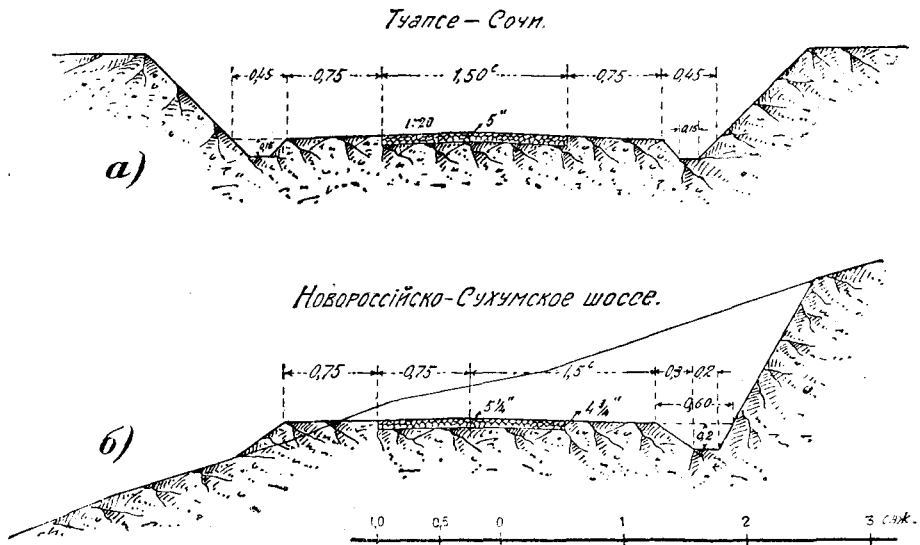


Фиг. 102. Поперечные профили Крымских шоссе.

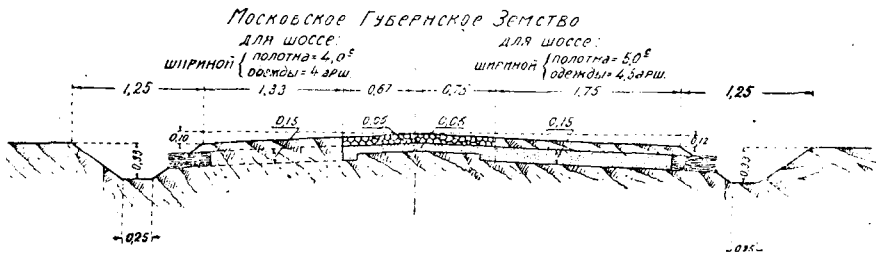
Особенно узки дороги в Норвегии (фиг. 23 и 24, стр. 41-42), где в горах движение очень слабо и ширина гравийной проезжей части делается всего в 2 м. Для встречи подвод местами устанавливаются разъезды.



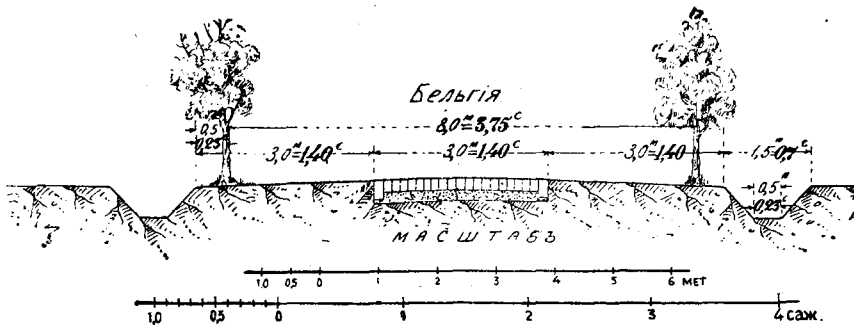
Фиг. 103. Поперечные профили Крымских шоссе (набережная в Ялте).
Дубелир. Дорожное дело, ч. I.



Фиг. 104 Черноморские шоссе.

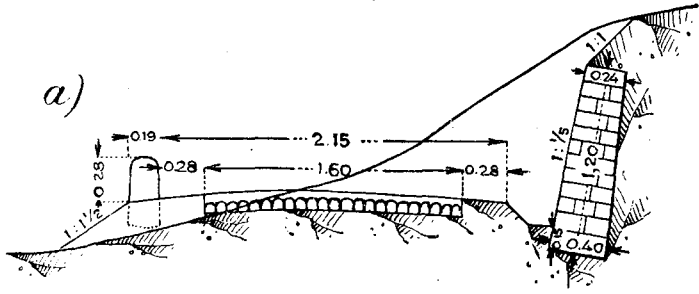


Фиг. 105.

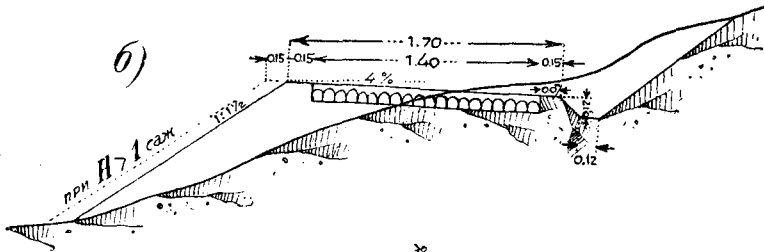


Фиг. 106.

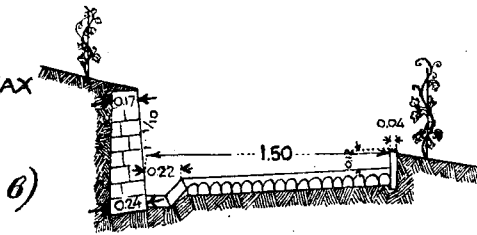
Полевая дорога



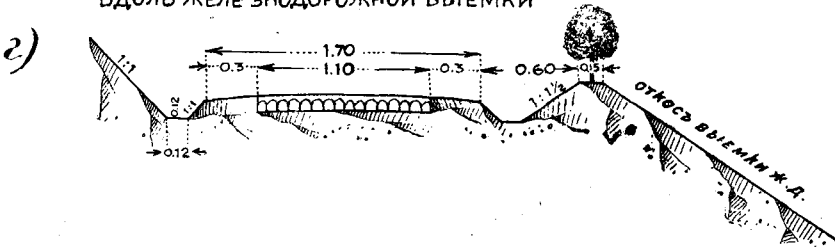
Полевая дорога.



Дорога в виноградниках на горе



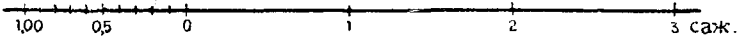
Дорога вдоль железнодорожной выемки



Однопутная лесная дороги для вывоза дров и леса

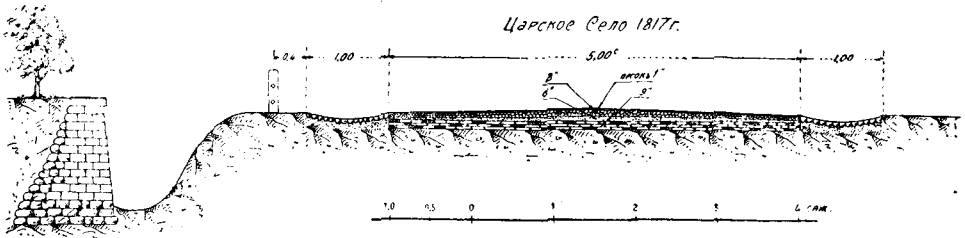


МАСШТАБ
(1 : 100)



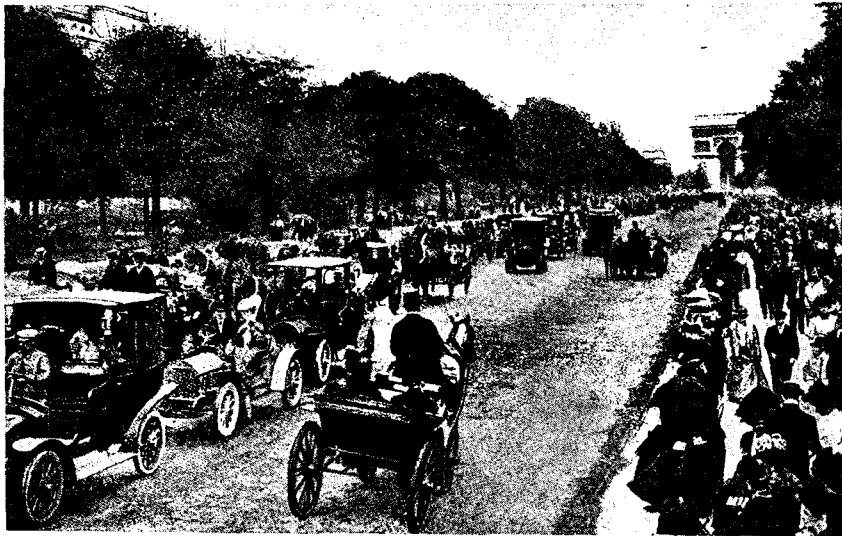
Фиг. 107. Горные дороги в Вюртемберге

Большая ширина. В начале XIX столетия шоссе делались очень широкими (шоссе тогда были магистральными путями для всех торговых и административных сношений страны). Так, Наполеоновские национальные шоссе имели проезжую часть до 8 м и больше. По этому же



Фиг. 108. С.-Петербургско-московское шоссе.

образцу строились первые шоссе в России, в начале XIX века С.-Петербургско-московское шоссе имело ширину 8—8,5 м, а по Царскому Селу — 10,5 м (фиг. 108).



Фиг. 108 bis. Avenue du Bois de Boulogne в Париже, с очень большим проездом в часы катания.

Теперь такие широкие шоссе, с проезжей частью 8—10 м, применяются или при исключительно сильном автомобильном движении (фиг. 17 и 87), или при проходе через города, когда шоссе служит (фиг. 108 bis) улицей. Ширина, в последнем случае, делается кратной ширине экипажей: 2,50 м.

Особенно быстро стала увеличиваться ширина проезжей части в С.-А. С. Ш. за последние годы, в связи с ростом автомобильного движения. Упомянутая выше нормальная ширина проезжей части в 5,5 м оказывается достаточной лишь при умеренных скоростях (не выше 40—50 км). При больших скоростях, доходящих до 60—70 км в час для загородных автобусов и 75—90 км в час для легковых автомобилей, в целях безопасности за последнее время ширину проезжей части стали увеличивать до 6—7,5 м.

При возрастании интенсивности автомобильного движения двухпутной дороги становится мало. Для возможности обгона грузовиков скорыми автомобилями переходят к четырехпутным дорогам с шириной проезжей части 12—13,5 м (40'—44'). Наконец, на сверхмагистралах с движением до 1500 автомобилей в час проезжая часть бульварного типа (§ 33, фиг. 87) устраивается в виде двух полос по 13,5 м, т. е. всего 27 м. Однако, помимо большой стоимости, при такой ширине дорог возникают затруднения при постройке путепроводов в местах пересечения их с другими путями сообщения—железными дорогами, реками и шоссе, а также при вводе их в большие города, где от такого массового потока автомобилей образуются замешательства в движении.

В частности нуждаются в большой ширине проезжей части стратегические дороги, близкие к фронту. В этом случае надо рассчитывать на движение не менее как в 3—4 полосы, для возможности встречи и обгона обозов грузовиками и автомобилями. Ширина проезжей части для интенсивного воинского движения должна быть поэтому не менее 8—12 м. Особенно широким должно быть полотно стратегических путей в тех местах, где можно ожидать возникновения замешательств и заторов в движении, как, напр., на подходах к узким длинным мостам, на больших подъемах, на закруглениях и т. д.

Заключение. Из приведенных теоретических соображений и примеров следует, что нормальная ширина проезжей части для гужевого транспорта должна быть 4,5 м. При слабом движении и необходимости экономить в постройке ширина мощения может быть уменьшена до 3,5 м.

При сильном проезде, возможности развития автомобильного движения и слабом камне, лучше увеличивать нормальную ширину до 5—6 м.

На участках с особенно сильным проездом, в подгородных и фабричных местностях, ширину следует доводить до 10—12 м, и, вообще говоря, до $2,5u—3n$, где u есть число полос экипажей и трамвайных колеи.

В тех случаях, когда по длине дороги интенсивность проезда резко изменяется (как, напр., на некоторых подъездных путях, по мере удаления от станции, фиг. 1, на стр. 9), на различных участках соответственно могут применяться разные ширины проезжей части.

§ 39. Ширина земляного полотна поверху. В соответствии с шириной проезжей части (§ 38) и обочин (§ 32) определяется ширина полотна поверху $a + 2b$ (фиг. 70) или между бровками.¹ Отделом шоссеиных и грунтовых дорог ЦУМТа рекомендуются следующие нормальные размеры полотна:

Характер движения по дороге	М е с т н о с т ь					
	Равнинная и холмистая			Г о р и с т а я		
	Ширина в метрах			Ширина в метрах		
	проезжей части	обочины	полотна поверху	проезжей части	обочины	полотна поверху
Слабое	3,5	2	7,5	3,5	0,5	4,5
Среднее	4,5	2	8,5	4,5	0,5	5,5
Сильное	5,5	2	9,5	5,5	0,5	6,5

Следует иметь в виду, что при небольших насыпях и выемках уширение земляного полотна с 7,5 до 9,5 м вызывает увеличение стоимости всего шоссе не более, как на 3 — 5%. В местах топографически трудных, напр., при разработке трудных выемок, в селах и проч., можно, на протяжении такого участка, уменьшать ширину с 8,5 до 7,5 м и даже 6,5 м, имея в виду разработать такую выемку, в случае надобности, впоследствии. На трудных участках косогорных работ (фиг. 22, стр. 41) можно, при слабом движении, первое время ограничиться шириной полотна 4,5 — 5,5 м. При устройстве насыпей присыпка сбоку будет давать неправильную осадку, и поэтому нормальную ширину лучше не уменьшать, тем более, что и по условиям проезда это нежелательно (необходимость ограждений).

В С-А. С. Ш в горной местности, при необходимости провести дорогу на косогоре, полотно дороги разделяют иногда на две отдельных однопутных ветви, чем заметно уменьшается общее количество земляных работ.

§ 40. Полная ширина полосы отвода земли под дороги. Части дорожной полосы, занятой резервами, кавальерами и пр., и, вообще,

¹ Иногда считают бровкой полотна точку *C* ниже выхода воронок (см. фиг. 70), при этом ширина *CD* между бровками будет слагаться из собственно ширины поверху и проекции двух откосов — „верхнего строения“. Такое обозначение вызывает недоразумения и заставляет предполагать, что полотно строится сначала без обочин, что нерационально.

полоса за канавами, называются *обрезами* полотна. Обрезы мощных дорог могут быть использованы для устройства летнего пути.

На участках шоссе, прилегающих к большим городам, следует предвидеть возможность устройства на обрезах двойного пути трамваев. В силу этого, оставление там, где возможно, некоторого запаса (около 6—7 м) на обрезах больших трактов должно быть признано полезным.

Обрезы полотна в некоторых случаях (как, напр., при мелких выемках, при неглубоких полувыемках на косорогах) необходимы для расположения защит от снежных заносов. Защиты эти, как будет далее изложено, осуществляются в виде переносных щитов, или в виде живых насаждений или, как на Военно-грузинской дороге, в виде каменных заборов. Щиты и посадки должны быть располагаемы в расстоянии *не менее 20—30 м от бровки полотна*. Поэтому обеспечение таких устройств, путем *отвода* широкой дорожной полосы, возможно только там, где земля очень дешева. Чаще всего это осуществляется путем долгосрочного соглашения с хозяевами прилегающих земель о *праве* постановки на их землях щитов и о вознаграждении их за возможные убытки (вымочку урожая).

Сопоставляя размеры отдельных элементов дорожного полотна, можно получить полную ширину полосы земли, необходимой для устройства дороги со всеми ее сооружениями.

Возьмем типичный пример в *средних условиях*:

Проезжая часть	5 м
2 обочины по 2 м	4 „
2 канавы по 2,5 м	5 „
Откосы и два обреза по 4—7 м	8—14 „
<hr/>	
Всего	22—28 м

Таким образом, ширина 25 м может считаться достаточной при малой высоте насыпи или выемки (или, как говорят, при *нулевых работах*). Небольшой запас в этой ширине есть, имея в виду ширину двух обрезов 13 м.

В *стесненных местах*, считая на обрезы и на откосы всего по 2—3 м с каждой стороны, достаточно 17—20 м.

При переходе через населенные места, вследствие недостаточного расстояния между домами, ширину полотна приходится уменьшать до возможного предела. Вместо кюветов делают лотки (ренштоки) с бордюрами (фиг. 80 на стр. 110), могущие пропустить небольшое количество воды. Ширина между бордюрами может быть 5,5 м, а вся полоса не более 6,5 м.

Если, при малой ширине, требуется прокладывать полотно в выемке или насыпи, то прибегают к подпорным стенкам (фиг. 107, стр. 131).

При более значительных земляных работах ширина дорожной полосы должна определяться в соответствии с размерами откосов полотна, резервов и берм.

Ширина резервов зависит от высоты насыпи и от возможной глубины заложения резерва. При устройстве незатопляемых весенним разливом высоких насыпей, при пересечении пойм рек глубина заложения резервов иногда может быть ограниченной высоким стоянием грунтовой воды, подпертой меженим горизонтом реки. При таких условиях ширина резервов и полосы земли может оказаться значительной и, в случае ценности земли (напр., вблизи больших городов), следует взвесить, что выгоднее — закладывать широкие резервы или же организовать продольную возку из выемки или резервов, заложенных на высоком месте.

В лесах ширина полосы определяется размером просеки. В сухих местах ширина просеки достаточна в 20 м, при небольших земляных работах, и 30 м при более крупных. В болотистых и низких местах, требующих осушения действием солнца и ветра, иногда полезно увеличить ширину просеки до 40 м.

Фактически, некоторые более старые тракты располагают шириной 60 м, другие 20 м. Проселочные дороги имеют полосу всего 6,5 м, и поэтому для сооружения на них мостовой или шоссе с канавами нуждаются в дополнительном расширении.

§ 18. Врем. техн. услов. Упр. шосс. дор. „Ширина полосы отчуждения назначается по местным условиям и по соображению с необходимостью поместить на ней полотно дороги со всеми дорожными сооружениями, в частности с резервами, с нагорными и водоотводными канавами, площадками для складывания ремонтного материала (щебня), путевыми постройками, а также по соображению с необходимостью устройства, в некоторых случаях, рельсовых путей на обрезах, летнего пути, постановки снеговых защит и принятия мер против песчаных заносов. Где возможно, в особенности в горной местности, оставляются запасные полосы, шириной 2—4 м для складывания ремонтных материалов (щебня).

Во всяком случае, ширина полосы отчуждения в ненаселенных местах не должна быть менее 21 м.

§ 19. Для возможности, при узкой полосе отчуждения, беспрепятственного производства работ и заготовок, при устройстве дороги занимается временно, с согласия владельцев, необходимая полоса, каковая по окончании работ возвращается владельцам“.

Согласно инструкции к постановлению ВЦИК и СНК РСФСР от 1 сентября 1924, ч. III „О нормах полосы отвода земли под дороги“, —

§ 11. Дорожную полосу составляет: проезжая часть дороги, обочины, бермы, боковые каналы и обрезы.

§ 12. Для каждого разряда дорог назначается определенная полоса отвода:

- а) для дорог первого разряда — государственных 65 м;
- б) для дорог второго разряда — губернских в открытых местах 43 м, в лесистых 65 м;

в) для дорог третьего разряда — уездных в открытых местах 34 м, в лесистых 43 м;

г) для дорог четвертого разряда — волостных и сельских, в открытых местах 6,5 м, в лесистых, а также где встречается надобность по условиям сооружения и эксплуатации дорог — 21 м;

д) для дорог пятого разряда — полевых и специального назначения, не более 21 м.

Примечание. Впредь до выработки типов дорог, согласно §§ 3—7 инструкции, существующая полоса отвода остается без изменения.

§ 13. Для дорог всех разрядов, имеющих посадку деревьев, существующие нормы полосы отвода не подлежат уменьшению.

§ 14. Для дорог всех разрядов, пролегающих в застроенных местах, полосы отвода нормируются правилами городской и сельской планировки.

В практике С.-А. С. Ш. при определении ширины отвода учитываются также условия видимости для автомобилей на закруглениях, в выемках, в горной местности, в лесу, в застроенной полосе. В соответствии с этим рекомендуются такие нормы ширины отвода:

Местность	Стоимость отчуждения земли	Д о р о г и		
		Главные	Второстепенные	Местные
		ширина в метрах		
Горная	дешевая	45	30	30
С.-хозяйственная	умеренная	30	21	15
Застроенные участки	дорогая	25	18	15

В последнее время, для дорог с особенно большим автомобильным движением и для сверх-магистралей, ширина полосы отвода увеличивается до 60 м, что соответствует принятой у нас норме для дорог государственного значения.

Литература к главе IV. Данные о ширине проезжей части и поперечных профилях дороги можно найти в трудах А. Гельфера, Очерк развития дорожного и мостостроительного дела в ведомстве путей сообщения. СПб, 1911; F. Laissle und L. Willmann, Der Strassenbau (Handb. der Ingenieur-Wissenschaften I Band, 4 Ab.); F. Loewe, Strassenbaukunde, 1906; Durand Claye, Cours de routes Debaux, Construction et entretien des routes et chemins 1907; Harger, The Location, Grading and Drainage of Highways, New-York 1921, а также в Трудах I, III и IV Международных дорожных конгрессов.

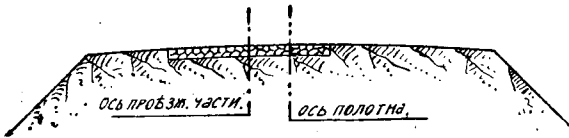
ГЛАВА ПЯТАЯ.

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ. ПОДЪЕМЫ.

§ 41. Ось дороги и продольный профиль. Осью обыкновенно называют линию, проходящую вдоль всей дороги, по середине проезжей части. Иногда осью называют линию, проходящую по середине полотна; положение таких двух осей, вообще говоря, может и не совпадать (фиг. 109).

В плане ось представляет ряд прямых участков, соединенных закруглениями по дуге круга (фиг. 130, стр. 168).

Если полотно разрезать вдоль по оси, то получится так называемый продольный профиль (см. стр. 140, на отдельной таблице). Строго говоря продольный профиль представляет проекцию на развернутой цилиндрической поверхности, образованной скольжением вертикальной образующей по



Фиг. 109.

оси.

Некоторые участки оси представляют *горизонтальные* площадки, а

другие — *уклоны*, которые, смотря по направлению движения, называются *подъемами* или *спусками*.

Проекция оси на продольном профиле называется *проектной* или *красной* линией. Кроме нее, на профиле показывается линия поверхности земли по оси дороги до постройки, или так наз. *черная* линия. Если проектная линия выше линии земли, то дорога проходит в насыпи, при обратном положении — в выемке (§ 29).

Длина дороги измеряется километрами и пикетами; пикет составляет $0,1 \text{ км} = 100 \text{ м}$. В километре 10 пикетов, поэтому по номеру пикета можно судить о расстоянии от начала дороги; так, пикет № 213 находится на расстоянии $21,3 \text{ км}$ от начала.

Положение точек промежуточных между пикетами характеризуется т. наз. плюсами, так, напр., № 213 + 15,6 обозначает точку, находящуюся в расстоянии $21 \text{ км } 315,6 \text{ м}$ от начала дороги.

§ 42. Подъемы. Подъем участка дороги измеряется отношением разности высот h конечных точек к длине l дороги между этими двумя точками (фиг. 110).

Таким образом, величина подъема может быть представлена синусом угла α наклона дороги к горизонту

$$i = \sin \alpha = \frac{h}{l}.$$

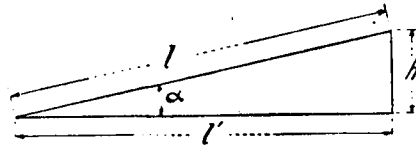
Иногда уклон измеряется отношением разности высот не к длине дороги l , а к ее горизонтальной проекции l' (напр., при измерении этой проекции ватерпасом). Тогда уклон измеряется тангенсом:

$$i' = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l'}.$$

Так как чаще всего длина измеряется цепью по поверхности дороги, то фактически уклоны определяются первым способом, т. е. синусом.

Численно величину уклона i принято характеризовать десятичными дробями, напр., 0,016, 0,06 и т. д. или в виде процентов — 1,6‰, 6‰... или тысячных — 16 тысячных, 60 тысячных и т. д.

В Англии иногда обозначают уклоны в виде простых дробей, напр., $\frac{1}{33}$, $\frac{1}{100}$ и т. д.; у нас это обозначение не принято.



Фиг. 110.

В таблице 14 (стр. 140) приведены величины уклонов в виде десятичных и простых дробей, а также соответствующие им углы наклона дороги к горизонту.

Из этой таблицы видно, что углы наклона дороги к горизонту изменяются от 0° до 5°. В этих пределах разница между синусом и тангенсом практического значения не имеет. Так, для

$$i = 4\text{‰}, \alpha = 2^\circ 17' 26'', \sin \alpha = 0,04001, \operatorname{tg} \alpha = 0,04004$$

$$i = 7\text{‰}, \alpha = 4^\circ 0' 15'', \sin \alpha = 0,06983, \operatorname{tg} \alpha = 0,07000.$$

Таким образом $\sin \alpha$ может быть принят пропорциональным углу α ; потому для интерполяции можно пользоваться величинами, приведенными в первом столбе таблицы.

§ 43. Изображение продольного профиля. На прилагаемой таблице представлен образец продольного профиля. Для придания рельефу местности наглядности, высоты изображаются в более крупном масштабе (5 м в 1 см или 1 : 500), чем горизонтальные расстояния (50 м в 1 см или

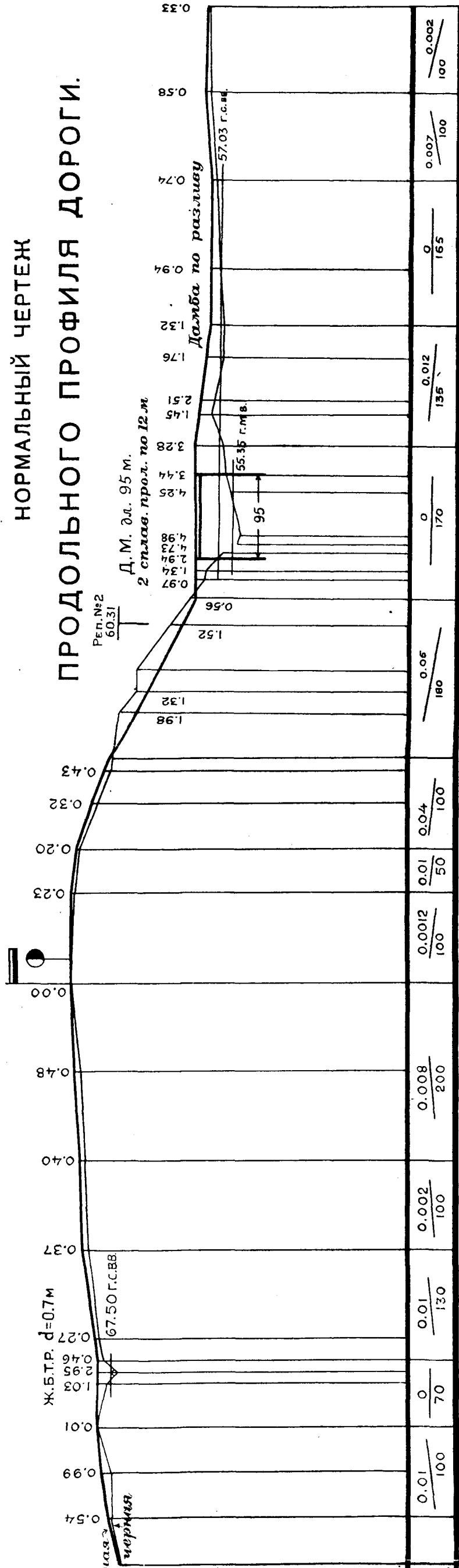
Таблица № 14
Различные измерения величины уклонов.

Уклон		Угол накл. к горизонту	Уклон		Угол накл. к горизонту	Уклон		Угол накл. к горизонту
В десят. дрях	В прост. дрях		В десят. дрях	В прост. дрях		В десят. дрях	В прост. дрях	
0,0001	1/10000	0° 0' 21"	15	1/67	0° 51' 34"	38	1/26	2° 10' 34"
	2/5000	41"	16	1/63	55' 00"	0,039	1/26	14' 00"
	3/3333	1' 02"	17	1/59	58' 26"	0,040	1/25	2° 17' 26"
	4/2500	23"	18	1/56	1° 1' 52"	41	1/24	20' 52"
	5/2000	43"	0,019	1/53	5' 19"	42	1/24	24' 18"
	6/1667	2' 04"	0,020	1/50	1° 8' 45"	43	1/23	27' 44"
	7/1428	24"	21	1/48	12' 11"	44	1/23	31' 10"
	8/1250	45"	22	1/45	15' 37"	45	1/22	2° 34' 36"
	9/1111	3' 06"	23	1/43	19' 03"	46	1/22	38' 01"
0,0010	1/1000	0° 3' 26"	24	1/42	22' 29"	47	1/21	41' 27"
	2/500	6' 53"	25	1/40	1° 25' 56"	48	1/21	44' 53"
	3/333	10' 19"	26	1/38	29' 22"	49	1/20	48' 19"
	4/250	13' 45"	27	1/37	32' 48"	0,050	1/20	2° 51' 45"
	5/200	17' 11"	28	1/36	36' 14"	0,055	1/18	3° 8' 53"
	6/167	20' 38"	29	1/34	39' 40"	0,060	1/17	3° 26' 01"
	7/143	24' 04"	0,030	1/33	1° 43' 06"	0,065	1/15	3° 43' 08"
	8/125	27' 30"	31	1/32	46' 32"	0,070	1/14	4° 0' 15"
	9/111	30' 57"	32	1/31	49' 58"	0,075	1/13	4° 17' 21"
0,010	1/100	0° 34' 23"	33	1/30	53' 24"	0,080	1/12,5	4° 34' 26"
	11/91	37' 49"	34	1/29	56' 50"	0,085	1/12	4° 51' 30"
	12/83	41' 15"	35	1/28,5	2° 0' 16"	0,090	1/11	5° 8' 34"
	13/77	44' 41"	36	1/28	3' 42"	0,095	1/10,5	5° 25' 37"
	14/71	48' 08"	37	1/27	7' 08"	0,100	1/10	5° 42' 38"

Задачи:

1. Определить величину угла для подъема на 9 м на расстоянии 450 м.
2. Определить величину угла в вертикальной плоскости между двумя последовательными уклонами $i_1 = +0,06$ и $i_2 = +4,5\%$.
3. Между уклонами 0,002 и 0,08 вставить ряд промежуточных уклонов так, чтобы угол между двумя последовательными уклонами был не более 1° .

НОРМАЛЬНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДОРОГИ.



Масштаб:

для гориз.расст. 1 см = 50 м
" верт. " 1 см = 5 м

Пасынки покрываются красным (кармином) Высолки - желтым (суммигутом).

красн.	Уклоны	0.01	0.01	0.002	0.008	0.0012	0.01	0.04	0.06	0	0.012	0	0.007	0.002	
красн.	Красные отметки	68.98	69.98	70.28	71.48	72.28	73.08	72.26	65.96	60.96	59.46	57.84	58.54	58.34	
черк.	Черные отметки	68.44	69.97	70.01	71.08	71.80	72.73	72.26	67.94	62.48	56.18	57.10	58.02	58.01	
сим.	Расстояния	50	50	50	50	50	50	50	25	30	14	34	65	50	
	Пикеты	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
	Длины	50	50	50	50	50	50	50	50	50	14	36	34	16	
	прямых и кривых	50	50	50	50	50	50	50	50	50	14	36	34	16	
	Километры	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
	План с ситуацией	кусты по лугу													
	развернутый в	кусты по лугу													
	прямую линию	летний путь пашня													
	Род грунта	лес													
		песчаный													
		песчано-глинистый													
		глинистый													

Уг=51°40'
R=40
K=36.07
T=19.36

Уг=37°20'
R=100
K=65.16
T=33.78

с о с н о в ы й
нагорная канава

бухта обгород
забор

суходол

Р. III м
сиданая

кусты по лугу

летний путь пашня

лес

песчано-глинистый

песчаный

черноземный

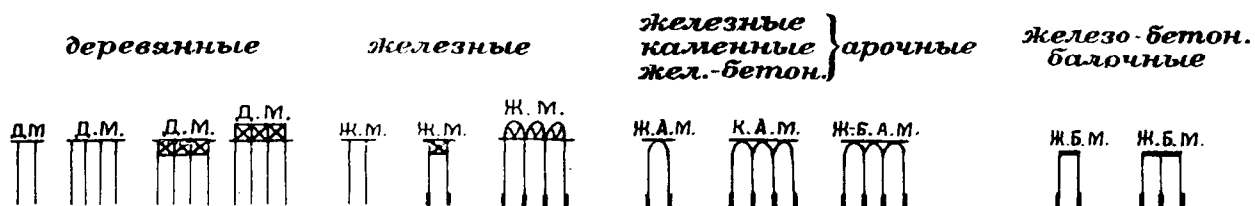
глинистый

глинистый

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ:

Искусственные сооружения

Мосты.



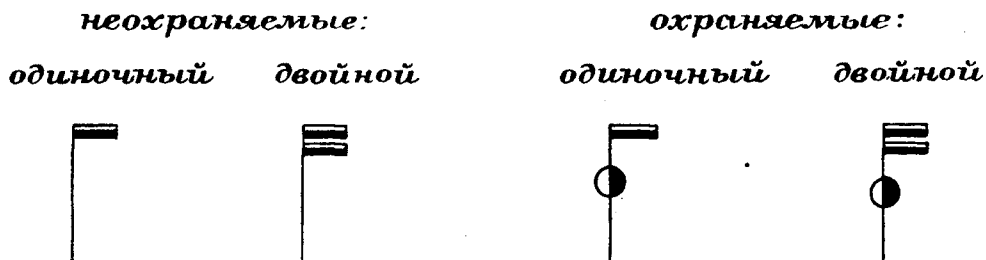
Трубы:



Путевые здания:



Переезды:



1 : 5000). Горизонтальные расстояния наносятся в виде ленты внизу профиля. По ординатам откладываются высоты над некоторым условным уровнем, или так называемые *отметки*. Длина ординат на профиле не пропорциональна величине отметки, так как низ ординат (нижняя горизонтальная линия) соответствует некоторой условной отметке (обычно близкой к наинизшей отметке грунта).

Верхние концы ординат соединяются *черного* цвета линией *грунта*. Затем кармином наносится *проектная линия*. Где проектная линия проходит выше линии земли, т. е. в *насыпи*, промежуток между обеими линиями закрашивается *кармином*; где проектная проходит ниже, т. е. в *выемке*, промежуток покрывается *желтой* краской — гуммигутом. На профиле наносятся числовые данные в следующем порядке, считая снизу вверх:

а) *пикетаж*, т. е. №№ пикетов и километров, а также расстояния от промежуточных точек до пикетов и до соседних точек;

б) *черные отметки* линии грунта, в метрах и сантиметрах;

в) *отметки* проектной линии;

г) дроби, в числителе которых показывается *величина уклона*, в десятичных дробях, а в знаменателе *протяжение уклона* в метрах. Наклон черты указывает направление подъемов и спусков. В местах перелома уклонов проводятся красные ординаты;

д) разность проектных и черных отметок, или т. наз. красные отметки, т. е. *высота насыпи* (пишется красным *над* проектной линией) и *глубина выемки* (пишется красным *под* проектной линией).

Снизу профиля показывается *„ситуация“*, т. е. условный план дорожной полосы с показанием рода угодий земли (лес, пашня, луг, огород, застройка), названий сел, с нанесением пересекающих дорогу рек, ручьев, других дорог и т. д., а также с показанием рода грунта. Под пикетажем показывается *схематический план* линии, в виде *прямых и закруглений*, с показанием основных элементов закруглений и румбовотдельных прямых.

§ 44. Проектирование продольного профиля. Когда по направлению оси будущей дороги произведена нивелировка поверхности земли, то сначала вычерчивают тушью профиль черной линией, а затем приступают к проектированию полотна (нанесению проектной линии), причем руководствуются следующими общими соображениями:

1. *Проектную линию* стараются вести возможно *ближе к поверхности земли*, дабы избежать затрат на большие земляные работы.

2. Везде, где возможно, предпочитают *небольшие насыпи высотой* — 0,3 — 0,6 м (считая до бровки). Такое небольшое поднятие полотна над прилегающей местностью обеспечивает осушение и получается без особых расходов, за счет выемки из кюветов. На фиг. 68 и 111 представлено полотно, слегка приподнятое над местностью.

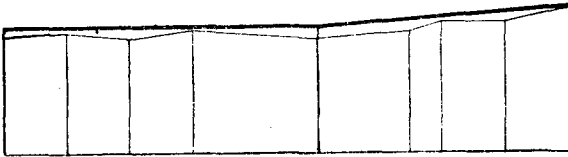
3. *Мелких выемок стараются избегать.* Отвод воды из углублений ниже поверхности земли всегда сопряжен с затруднениями; кроме того,



Фиг. 111. Николаевская магистраль. Невысокая насыпь в пределах каменной осыпи.

зимой мелкие выемки забиваются снегом, который затрудняет проезд, а весной, медленно оттаивая, портит дорогу. В особенности следует избегать выемок в селах, где поперечный отвод воды, благодаря застройке, затруднителен.

ПРАВИЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ЛИНИИ



НЕПРАВИЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ЛИНИИ



Фиг. 112.

проведения проектной линии по середине изгибов грунта соответствует стремлению уравнивать объем насыпей и выемок. Это предполагает *продольную* возку земли, из выемок в насыпи. Между тем при постройке шоссейных дорог производится

4. В соответствии с пунктами 2 и 3, проектную линию стараются вести *выше изгибов линии грунта* (фиг. 112 вверху), а *не по середине их* (фиг. 112 внизу).

Применяемый иногда (при проектировании профиля железных дорог, с сравнительно крупными работами) прием

почти исключительно *поперечное* перемещение земли (из кюветов или резервов в насыпь).

5. Для упрощения вычисления красных отметок, а также разбивки полотна величину продольных подъемов следует по возможности брать в круглых сотых и полусотых (0,015, 0,020 и т. д.); во всяком случае не следует писать более трех десятичных знаков (до 0,001). Переломы продольных уклонов не должны браться излишне часто (менее, чем на 100 м). Переломы встречных подъемов и спусков следует разделять горизонтальными площадками длиной не менее 50 — 100 м (фиг. 113 вверху), для возможности выполнить в натуре сопряжение уклонов по дуге в вертикальной плоскости. Резкие изменения уклонов желательно смягчить вставкой уклонов промежуточной величины (фиг. 113). Подробнее об этом см. далее, § 55.

6. Величину уклонов не следует брать больше некоторого, так наз. *предельного*, или *наибольшего подъема* (см. далее, § 45 — 52).

7. Следует избегать длинных горизонтальных площадок, в виду за труднительности отвода воды. Эти площадки по возможности должны заменяться хотя бы небольшими уклонами (см. далее, § 54)

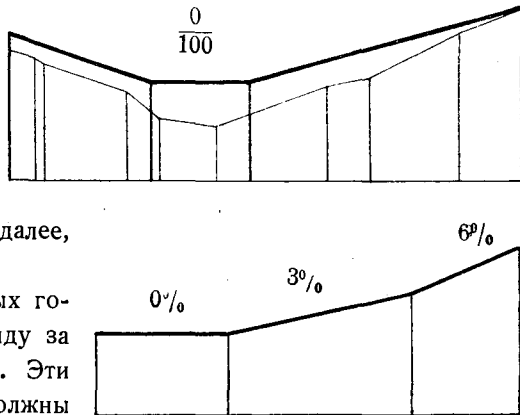
8. В выемках горизонтальные площадки недопустимы, вследствие особо неблагоприятных условий отвода воды; их следует заменять уклонами 0,01 или в крайнем случае 0,005.

9. При пересечении тальвегов и низких топких мест проектируется насыпь.

По § 24 Врем. техн. усл. Упр. шосс. дор., „При проведении дороги по низкой местности с мокрым, болотным, известняковым, мергельным или жирноглинистым грунтом бровки земляного полотна должны быть подняты над поверхностью земли не менее, чем на 0,5 м.“

10. Высота насыпи около моста определяется в зависимости от уровня высоких вод пересекаемого тальвега. Так, напр., при пересечении речки мостом следует, чтобы:

а) низ ферм моста возвышался на достаточную величину z над высоким (подпорным) горизонтом (фиг. 114 а) и

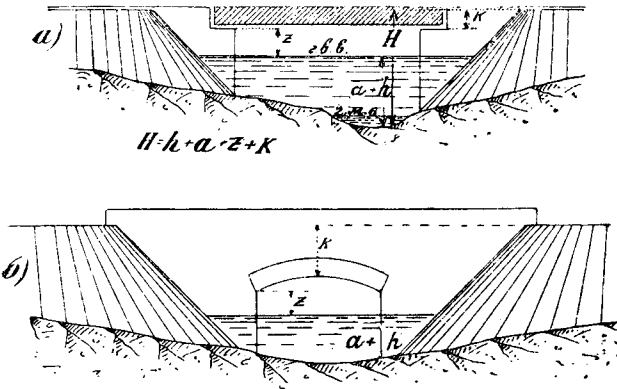


Фиг. 113. Вверху разделительная площадка, внизу переходный уклон.

б) бровка полотна была бы выше низа ферм на определенную конструктивную высоту k (фиг. 114 а). Поэтому наименьшая высота насыпи H около моста

$$H = a + h + z + k,$$

где $a + h$ — глубина воды при высоком (подпорном) горизонте. При устройстве труб соблюдается минимальная толщина засыпки и наи-



Фиг. 114. Определение наименьшей высоты насыпи.

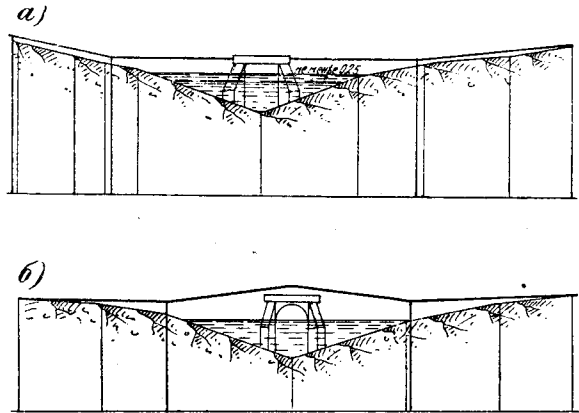
выше подпертого горизонта высоких вод (фиг. 115 а), а на больших реках не менее 1 м. Следует избегать резких подъемов полотна (фиг. 115 б) около искусственного сооружения (если $z + k > 0,5$ м). Такой горб всегда дает толчок автомобилю при быстрой езде.

По § 24. Врем тех. усл. Упр. шосс. дор., возвышение бровок полотна дамб над уровнем самых высоких вод на поймах рек принимается в 0,75 — 1 м.

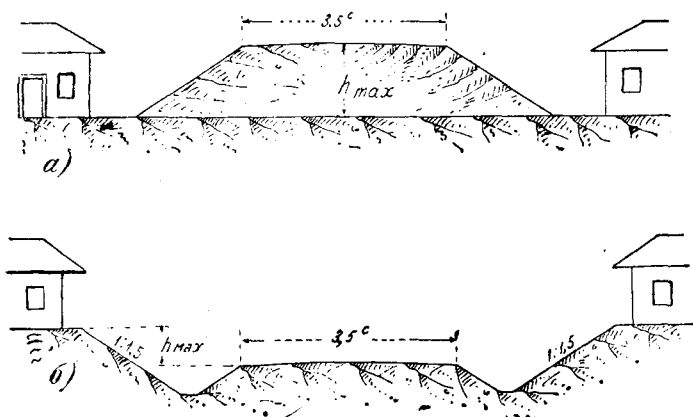
12. При переходе через населенные места следует проверить, достаточна ли ширина улицы для устройства насыпи или выемки (фиг. 116 а и б).

§ 45. Наибольший подъем. При проектировании дороги важным вопросом является выбор наибольшего, или так наз. предельного подъема.

Влияние величины предельного подъема на стоимость сооружения дороги и на стоимость перевозок. Во всех случаях, когда дорога



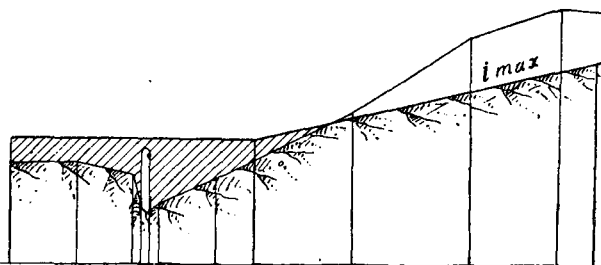
Фиг. 115.



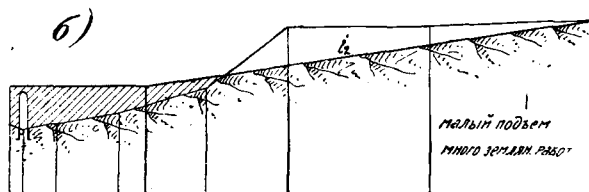
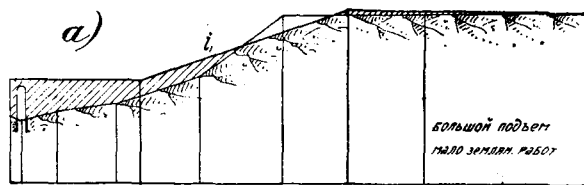
Фиг. 116. Устройство насыпей и выемок на застроенных улицах.

поднимается круто вверх, напр., при переходе рек с крутыми берегами, при переходе от степной или болотистой равнины на окружающие эту равнину холмы, приходится, при устройстве дороги, смягчать этот подъем устройством

вверху выемки, а внизу насыпи (фиг. 117, 15, 16). С увеличением подъема высота насыпи и глубина выемки уменьшаются и, следовательно, уменьшается количество и стоимость земляных работ (фиг. 118). В некоторых частных случаях это имеет особенное значение. Так, если выемка или насыпь приходится, напр., в населенном месте, то увеличивать их можно не дальше известного предела, ограниченного шириной улицы (фиг. 116). Таким образом, может



Фиг. 117. Смягчение подъема дороги посредством выемки и насыпи.



Фиг. 118.

оказаться, что осуществить дорогу без сноса домов возможно, только допуская большой подъем.

Задачи. 4. Спроектировать на миллиметровой клетчатке продольный профиль участка дороги по следующим данным—максимальный подъем 0,06 (масштаб см. § 43).

№№ пикетов	Черная отметка в метр.	Примечание	№№ пикетов	Черная отметка в метр.	Примечание	№№ пикетов	Черная отметка в метр.	Примечание
0	63,16		11	48,23		23+20	30,90	вправо влево от оси
1	60,89		12	54,85		24	28,32	вверх вниз
2	57,77		13	61,28		25	28,02	1 : 5 1 : 5
3	56,61		14	68,80		25+20	25,52	1 : 7 1 : 6
4	52,50		15	71,25		26	25,38	1 : 10 1 : 10
5	50,14		16	68,85		27	23,68	
6	50,01		17	64,48		28	22,85	
7	46,83		18	63,21		29	20,21	
8	44,70		19	52,10		30	19,15	Горизонт высоких вод 22,70
8+20	44,21		20	46,65	Косогор вправо влево от оси	31	19,32	
9	43,90	Отметка подпорного горизонта 45,08 Мост, отв. 5 м	21	40,90		32	19,02	Начало моста отверстием 150 м
9+10	41,42		22	38,65	32+10	19,05		
9+75	44,10		22+30	35,50	1 : 2 1 : 4			
10	44,85		23	33,58	1 : 3 1 : 5			
			23+20	30,90	1 : 5 1 : 4			

5. Начертить поперечные профили на пикетах №№ 22 + 30 — 25 + 20, применительно к продольному профилю задачи 4 и нормальному поперечному профилю фиг. 71, масштаб 1 : 100.

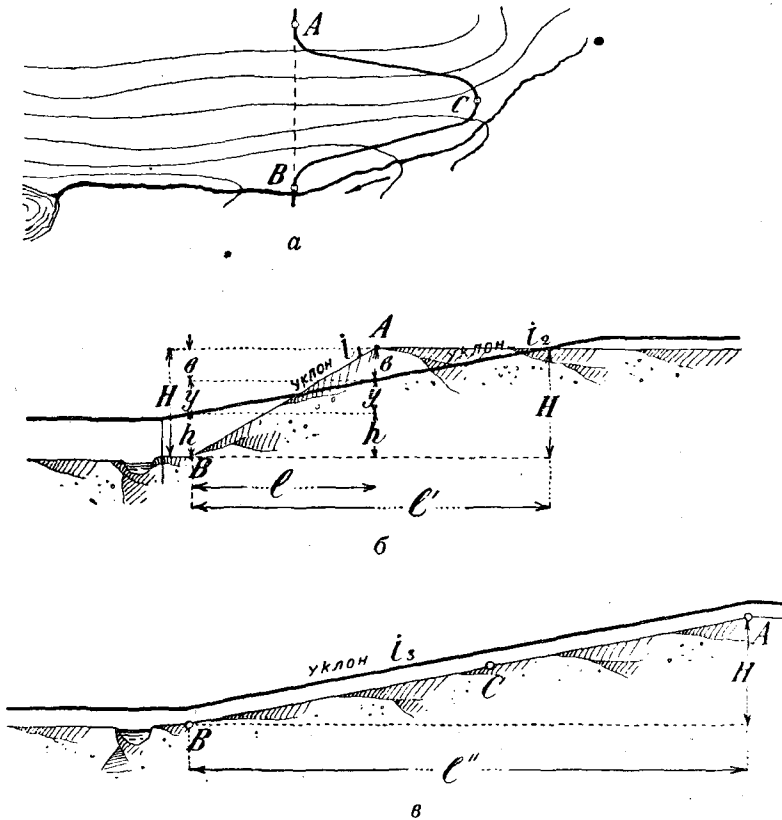
6. Перепроектировать продольный профиль на участке от пик. № 17 — 27 в предположении предельного подъема а) 0,08; б) 0,04. При последнем предположении считать, что линия между пикетами № 23 — 26 проходит по сельской улице с расстоянием между домами 18 м.

В других местах, хотя бы и не застроенных, но при имеющихся крутых склонах, для того, чтобы осуществить известный подъем, приходится *удлинять дорогу*. Фиг. 119, вверху, представляет план крутого склона долины. Если разность высот точек A и $B = H$, расстояние между ними по прямой $= l$, то уклон дороги AB , проведенной прямо по поверхности земли, будет $i_1 = \frac{H}{l}$ (может быть очень большим). Практически делают в B

некоторую насыпь высотой h , а в A — выемку глубиной v и этим уменьшают уклон до величины

$$i_2 = \frac{y}{l},$$

где $y = H - h - v$, и так как $y < H$, то $i_2 < i_1$.



Фиг. 119. а) План дороги AB с показанием развития (удлинения) линии по направлению ACB ; б) продольный профиль по прямому направлению AB с уменьшением уклона посредством устройства выемки в A и насыпи в B ; в) продольный профиль дороги по направлению ACB с уменьшением уклона посредством удлинения линии.

Если дорогу отклонить и провести ее по удлиненному, зигзагообразному направлению ACB (фиг. 119, план и нижний профиль), то

$$i_3 = \frac{H}{l''}$$

и так как $l'' > l$, то $i_3 < i_1$. При известных условиях может быть, что $i_3 = i_2$, но количество земляных работ уменьшится. На фиг. 120 и 121

показаны примеры зигзагообразного изгиба дороги на косогоре, с целью уменьшения подъема.



Фиг. 120. Изгиб дороги при спуске в долину. (Постройка земского шоссе в Тульской губ.)

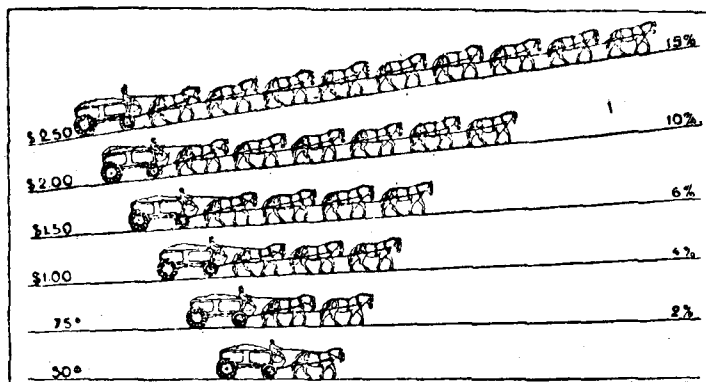
Все эти примеры показывают, что с уменьшением предельного подъема увеличивается или количество земляных работ, или длина дороги.



Фиг. 121. Изгиб дороги при спуске к мосту. (Постройка земской дороги в Тульской губ.)

И в том, и в другом случае можно сказать, что *чем больше величина предельного подъема, тем дешевле стоимость сооружения дороги, и*

наоборот. Если бы ограничиваться только одним этим соображением, то, в целях экономии постройки, надо было бы брать во всех трудных местах подъемы возможно большими. Однако есть и другая сторона вопроса: с увеличением предельного подъема увеличивается стоимость перевозки. Чем больше подъем, тем меньшую нагрузку лошадь может вытащить в гору, и тем дороже стоимость одного тоннокилометра перевозки. Эта зависимость наглядно представлена на диаграмме фиг. 122, составленной одним американским инженером; цифры долларов слева изображают стоимость перевозки на одно и то же расстояние. В наших



Фиг. 122. Увеличение стоимости перевозки с возрастанием подъема.

условиях, примерно, эта зависимость выражается следующим образом, для перевозки по мостовой сильной лошадей (стоимость подводы в день 2 р. 50 к.).

Подъем	Возможная нагрузка на подводу	Стоимость перевозки 1 тонно-километра
3%	1 т	16 коп.
5%	0,75 "	22 "
6%	0,6 "	27 "
8%	0,5 "	33 "

Таким образом, повышение подъема с 5% до 8% уменьшает нагрузку и увеличивает стоимость перевозки в полтора раза. Если по дороге в летнее время проходит 3000 т, это даст излишних расходов по перевозке 330 руб. ежегодно на каждый километр дороги. При длине дороги 20 км это составит 6600 р. ежегодно. Если стоимость земляных работ, при сооружении дороги с 5% подъемом дороже, чем с 8%, даже на 30 000 руб., то выгоднее при постройке затратить эти 30 000 р., чем заставлять население ежегодно терять 6600 р. на перевозках.

Если подъем дороги велик в каком-либо одном месте, то этот участок, понижая нагрузку всех идущих через него подвод, будет повышать стоимость перевозки по всей дороге. Поэтому надо, по возможности, уменьшать величину подъема на участках, представляющих особую крутизну и определяющих величину нагрузки. Наоборот, если, по местным условиям, вследствие плохих дорог, или гористой местности, обычная величина нагрузки сама по себе мала, то затраты на уменьшение отдельных подъемов будут непроизводительны.

Фиг. 123 иллюстрирует чрезвычайную трудность, с которой приходится везти сани с ничтожной нагрузкой на 20⁰/₀ подъем (первоначаль-



Фиг. 123. Конная тяга при большом подъеме.

ная тропа на Кербинском перевале Николаевской магистрали). При автомобильной тяге отдельные грузовики могут легко проходить даже сравнительно крутые подъемы до 8⁰/₀ — 10⁰/₀. Но экономичность механической перевозки может быть достигнута лучше, если грузовик идет с прицепкой, или еще лучше, если трактор ведет за собой несколько прицепов (фиг. 6 и 8, стр. 22). Чем меньше подъем, тем больше число прицепов, которое может вести трактор, и тем дешевле перевозка.

Итак, с уменьшением величины предельного подъема увеличивается стоимость сооружения дороги, но уменьшается стоимость перевозок. Поэтому вопрос о выборе *наивыгоднейшего* для каждой дороги предельного подъема представляет *экономическую задачу*. В дальнейшем, во II части, этот вопрос будет разобран детальнее.

Здесь мы ограничимся только кратким изложением основ механики конной и автомобильной тяги, в связи с выбором подъемов, а затем приведем нормы предельных подъемов, выработанные практикой в различных странах.

§ 46. Сопrotивление движению экипажей по дорогам. Для того, чтобы перемещать повозку по дороге, требуется затрата механической работы. Величина этой работы T выражается в килограммометрах и на горизонтальном пути пропорциональна весу Q повозки с грузом и пройденному пути L

$$T = WQL.$$

Коэффициент пропорциональности $W = \frac{T}{QL}$ называется *удельным сопротивлением движению на горизонтальном пути*. Если длина пути L выражена в метрах, а Q в килограммах, то W представляет собой отвлеченное число, выражаемое в десятичных дробях, напр. $W = 0,05$. Если вес экипажа с грузом выражается в тоннах, то W измеряется в килограммах на тонну, напр., $W = 0,05 = 50 \text{ кг на } t$. Величина сопротивления движению W зависит, главным образом, от рода дороги — чем больше трения и деформаций пути вызывает движение экипажа, тем больше W . Кроме того, W зависит отчасти от устройства экипажа (смазки осей, диаметра колес, рода шин, подвески на рессорах и т. д.) — экипаж на пневматических шинах, хорошо подвешенный на рессорах, легок на ходу. Наконец, с увеличением скорости свыше 30 км на час W начинает возрастать от сопротивления воздуха. При элементарных расчетах и небольших скоростях, однако, величину удельного сопротивления движению W считают постоянной для каждого рода дороги. В соответствии с опытами и наблюдениями можно принимать:

Таблица № 15.

Удельное сопротивление на горизонтальном пути.

Д о р о г а	W
Бетонная дорога, хорошая асфальтовая мостовая.	0,02
Хорошее шоссе	0,03
Посредственное шоссе с выбоинами	0,04
Бульжная мостовая	0,05
Хорошая грунтовая дорога	0,06 — 0,07
Плохая " "	0,10
Сыпучие пески, разжиженная глина	0,15 и более

Если экипаж едет не по горизонтальному пути, а на подъем (фиг. 124), то работа, необходимая для перемещения, будет больше:

$$T = QWL + QH.$$

Если разделить эту работу на длину пройденного пути, то получим силу

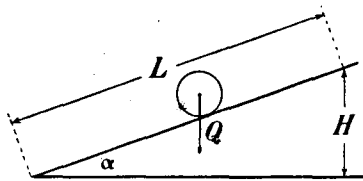
$$W = \frac{QWL + QH}{L} = Q \left(W + \frac{H}{L} \right)$$

причем W измеряется в кг полагая $\frac{H}{L} = i = \sin \alpha$ (фиг. 124), где i величина подъема, измеряемая в тысячных, получим

$$W = Q(W + i).$$

Сила W называется *сопротивлением движению* экипажа; она увеличивается с увеличением удельного сопротивления движению W и подъема i .

Пример. Пусть вес повозки 300 кг, вес груза 500 кг, $Q = 800$ кг. Сопротивление движению на мостовой на подъеме $i = 0,06$ будет $W = Q(w + i) = 800(0,05 + 0,06) = 88$ кг.



Фиг. 124. Перевозка на подъем.

Если повозка движется по уклону вниз, то пока величина уклона $i < W$, работа силы тяжести будет облегчать работу перемещения повозки и сопротивление движению будет

$$W = Q(W - i).$$

Но если уклон $i > W$, то работа силы тяжести будет больше работы, необходимой на перемещение; избыток работы будет превращаться в живую силу. Для того, чтобы скорость движения повозки при спуске не развилась до опасных пределов, необходимо повозку тормозить. В автомобилях так это и делается. За границей тормозы применяются и при конной тяге; у нас их нет и повозку при спуске задерживает лошадь; такие ненормальные условия работы лошади ее сильно утомляют.

§ 47. Сила тяги лошади. Если полезную механическую работу T , которую производит лошадь, перемещая повозку, разделить на пройденный путь, то получим силу

$$\frac{T}{L} = F,$$

называемую силой тяги на крюке. Эта сила тяги может быть непосредственно измерена динамометром, если его поместить между упряжью и повозкой. При установившемся движении, с постоянной скоростью, вся работа, производимая лошастью, идет только на перемещение повозки, и в таком случае сила тяги лошади равна сопротивлению движения повозки

$$F = W.$$

Это равенство не есть тождество. При начале движения часть работы затрачивается на сообщение повозке живой силы и тогда $F > W$.

Величина силы тяги зависит от породы и сложения лошади и от ее питания. Наблюдения над работой лошадей дали возможность установить такие примерные величины силы тяги для крестьянских лошадей:

Таблица № 16.
Величина силы тяги лошади.

	Вес		Сила тяги	
	пуд.	кг	нормальная	наибольшая
			длительная кг	короткое время кг
Слабые лошади	15	250	45	90
Средние „	21	350	60	120
Сильные „	25	400	75	150

За границей для транспорта применяются еще более сильные рабочие лошади, весом до 550 — 750 кг.

Сила тяги F в общем считается более или менее пропорциональной весу P лошади $F = kP$. Приведенные в таблице данные показывают, что при нормальных условиях и длительной работе $k = \frac{1}{6} - \frac{1}{8}$. На короткое время, минут 10, лошадь может напрячь свои силы и развить приблизительно двойное усилие, т. е. $F_{\max} = 2kP$ при несколько уменьшенной скорости. При движении на подъем часть полезной работы лошади затрачивается на перемещение ее собственного веса. Сила тяги на крюке, которой можно располагать для перемещения повозки, будет поэтому при длительной тяге

$$F' = (k - i)P,$$

а в течение короткого времени

$$F'_{\max} = (2k - i)P.$$

§ 48. Величина нагрузки на подводу при конной тяге. Полагая для установившегося движения с постоянной скоростью

$$F = W$$

и подставляя из предыдущего

$$F_{\max} = (2k - i_{\max})P, \quad W_{\max} = Q(W + i_{\max}),$$

получим

$$\frac{Q}{P} = \frac{2k - i_{\max}}{W + i_{\max}},$$

где i_{\max} величина наибольшего подъема. Величина Q может быть разделена на два слагаемых $Q = \Gamma + U$, где Γ — вес полезной нагрузки (нетто), U — собственный вес (тара) повозки.

В таком случае

$$\Gamma = \frac{P(2k - i_{\max})}{W + i_{\max}} - U.$$

Отношение тары повозки к весу лошади может быть принято $\frac{U}{P} = 0,7 - 1,2$, в зависимости от величины перевозимых грузов и прочности повозки. Полагая далее $k = 0,175 = \frac{1}{5,6}$, получим следующую таблицу:

ТАБЛИЦА № 17.

Величина нагрузки на лошадь, в зависимости от подъема и рода дороги.

Величина подъема i_{\max}	Отношение $\frac{Q}{P}$ веса повозки с грузом к весу лошади			Полезная нагрузка Γ кг при весе лошади $P = 400$ кг		
	Шоссе $W = 0,03$	Мостовая $W = 0,05$	Грунтовая дорога $W = 0,07$	Шоссе $W = 0,03$ $U = 400$ кг	Мостовая $W = 0,05$ $U = 350$ кг	Грунтовая дорога $W = 0,07$ $U = 300$ кг
0,03	5,3	4	3,2	1700	1250	950
0,04	4,4	3,4	2,8	1350	1050	750
0,05	3,7	3	2,5	1100	850	650
0,06	3,2	2,65	2,2	900	700	550
0,07	2,8	2,35	2,0	700	600	450
0,08	2,5	2,05	1,8	600	450	350

Рассмотрение этой таблицы позволяет сделать следующие выводы:

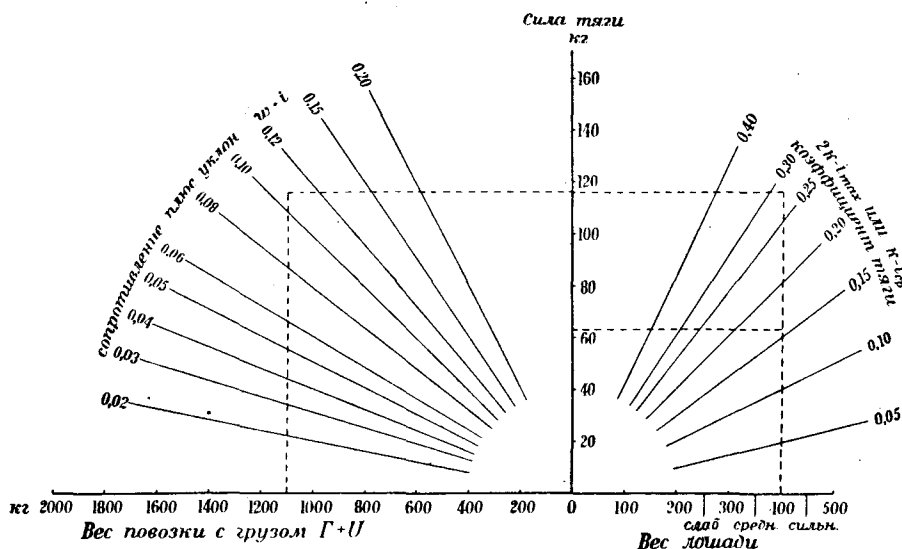
- Лошадь тянет повозку, большую ее собственного веса
 - груженую в среднем в 3 раза
 - „ на хороших дорогах в 4 „
 - „ „ плохих „ в 2 „
 - порожнюю равную весу лошади;

2) на хороших дорогах вес груза в 2—3 раза больше веса повозки, на плохих вес груза немного больше веса самой повозки;

3) с увеличением подъема нагрузка резко падает;

4) разница между хорошей дорогой (шоссе) и грунтовой заметна только при малых подъемах; при подъемах более 0,06 она сглаживается и улучшение одежды приносит сравнительно небольшую пользу (за исключением периода распутицы, когда W на грунтовых дорогах возрастает до 0,10—0,15).

Зависимость нагрузки от различных обстоятельств может быть удобно представлена в виде графика фиг. 125. В правой части этого графика



Фиг. 125. График зависимости веса повозки с грузом от силы тяги лошади и подъема.

по оси абсцисс отложен вес лошади P , по оси ординат сила тяги $F = P\varphi$, причем для длительной работы $\varphi = k - i$, а для кратковременной $\varphi = 2k - i$. Множители φ надписаны на наклонных лучах справа. Задаваясь таким образом весом лошади P , например, $P = 400$ кг, и значениями $k = 0,175$, получим для длительной работы на подъеме $i = 0,02$, $\varphi = k - i = 0,155$ и соответствующую силу тяги на оси ординат $F = \sim 60$ кг, а для кратковременной работы на подъеме 6% $\varphi' = 2k - i = 0,29$ и соответствующую силу тяги $F_{\max} = 116$ кг. В левой части по оси абсцисс отложены веса повозки с грузом $Q = F + U$, а на лучах написаны суммы $W + i$. В нашем случае положим при подъеме 0,06 на мощеной дороге, $W + i = 0,05 + 0,06 = 0,11$, вес $G + U = 1050$ кг; если повозка U весит 350 кг, то полезная нагрузка $G = 1050 - 350 = 700$ кг.

Пользуясь этим графиком, очевидно, легко исследовать изменения нагрузки для любых дорог, подъемов, силы тяги лошади и веса повозки.

§ 49. Выбор наибольшего подъема с точки зрения конной тяги. В § 45, на стр. 150 было отмечено, что вопрос о выборе *наивыгоднейшего* для каждой дороги подъема представляет *экономическую* задачу нахождения наивыгоднейшего соотношения между затратой капитала на земляные работы, сооружения и пр., с одной стороны, а с другой, величиной ежегодных издержек на перевозки.

Однако иногда к выбору подъема подходят с более узкой, *эксплуатационной* точки зрения наивыгоднейшего использования силы тяги лошади. В самом деле, на каждой дороге существует некоторый *средний* подъем $i_{\text{сред}}$, характерный для *длительных* условий работы лошади. Для таких условий будет иметь место соотношение:

$$F_{\text{сред}} = (k - i_{\text{сред}})P = Q(W + i_{\text{сред}}).$$

При наиболее целесообразном, с тяговой точки зрения, соотношении между максимальным и средним подъемом нагрузка на лошадь должна быть подобрана так, чтобы для *кратковременной* работы *наибольшем* подъеме

$$F_{\text{max}} = (2k - i_{\text{max}})P = Q(W + i_{\text{max}}).$$

Из этих двух уравнений следует

$$\frac{k - i_{\text{сред}}}{2k - i_{\text{max}}} = \frac{W + i_{\text{сред}}}{W + i_{\text{max}}}$$

или

$$i_{\text{max}}(k - W) = kW + i_{\text{сред}}(2k - W).$$

Пренебрегая величиной W сравнительно с величиной k , получим довольно приближенное, но более простое выражение

$$i_{\text{max}} = W + 2i_{\text{сред}}.$$

Величины предельных подъемов, получаемые по этой формуле, могут быть представлены в виде такой таблицы:

Местность	Средний подъем	Род дороги		
		шоссе $W = 0,03$	мостовая $W = 0,05$	грунтовая $W = 0,07$
		Предельный подъем i_{max}		
Равнинная	0	0,03	0,05	0,07
Слабо холмистая	0,005	0,04	0,06	0,08
Сильно холмистая	0,01	0,05	0,07	0,09
Горная	0,015	0,06	0,08	0,10

Что касается приведенных в таблице числовых характеристик средних подъемов, то легко убедиться, что они соответствуют действительности. Средний подъем можно определить как $i_{\text{сред}} = \frac{\Sigma H}{L}$, где ΣH — сумма возвышений наиболее высоких (водораздельных) точек профиля над наиболее пониженными (искусственными сооружениями). Пусть, напр., на протяжении дороги длиной $L = 10$ км, $\Sigma H = 100$ м; это очевидно будет соответствовать сильно пересеченной местности. Величина среднего подъема в этом случае будет $i_{\text{сред}} = \frac{\Sigma H}{L} = \frac{100}{10\,000} = 0,01$, как и принято в таблице.

Можно несколько обобщить такой подход к решению этой задачи, взяв за исходную среднюю величину нагрузки на лошадь в данной местности. Такая нагрузка зависит не столько от уклонов на проектируемой дороге, сколько от общего состояния дорог в окружающем районе. Соответственно такой реальной нагрузке и можно подобрать предельный подъем для данной дороги и рода одежды, исходя из условия

$$F_{\text{max}} = P(2k - i_{\text{max}}) = Q(W + i_{\text{max}}).$$

Решая это уравнение, получим

$$i_{\text{max}} = \frac{2k - i_{\text{max}}}{\frac{Q}{P}} - W$$

или, приближенно, полагая $2k - i_{\text{max}} = 0,3$, получим

при $Q/P =$	1,8	2	2,5	3	3,5	4
величина i_{max} для	$\left\{ \begin{array}{l} \text{шоссе} \dots\dots\dots - \quad - \quad - \quad 0,07 \quad 0,055 \quad 0,045 \\ \text{мостовой} \dots\dots\dots - \quad 0,10 \quad 0,07 \quad 0,05 \quad - \quad - \\ \text{грунт. дор.} \dots\dots\dots 0,10 \quad 0,08 \quad 0,05 \quad - \quad - \quad - \end{array} \right.$						

При движении вниз, если $i > W$, повозка с грузом начинает подталкивать лошадь. Если тормозов нет, то работа лошади становится трудной, когда $i > 1,5 W$, т. е. при уклонах для шоссе $i = 0,05$, мостовой $i = 0,07$, грунт. дор. $i = 0,10$.

С точки зрения легкового движения езда рысью возможна при подъемах 0,03 — 0,04. При подъемах 0,06 и более, езда возможна только шагом. При спуске вниз без тормозов езда рысью возможна при уклонах не более 0,04 — 0,05.

§ 50. Мощность и сила тяги автомобилей и тракторов. При механической тяге сила тяги определяется мощностью двигателя и скоростью движения. Мощность двигателя N измеряется на валу в лошадиных силах (1 л. с. = 75 килограммометров в секунду). Если силу тяги F

измерять в килограммах, скорость V в километрах в час и если коэффициент полезного действия передачи от вала двигателя до обода движущего колеса обозначить через η , то полезная работа, совершаемая двигателем в час, будет

$N \times \eta \times 75 \times 3600 = F \times V \times 1000$ килограммометров,
откуда

$$N = \frac{FV}{270\eta}.$$

Сила тяги в данном случае определяется как частное от деления полезной работы двигателя на пройденный путь. Так как путь, пройденный автомобилем, при отсутствии скольжения, равен пути, совершенному окружностью ведущего колеса, то силу тяги F относят к *ободу колеса*. Под этим подразумевается, что работа такой силы тяги затрачивается и на перемещение самого автомобиля или трактора. Для получения силы тяги *на крюке* необходимо вычесть сопротивление движению трактора.

Двигатели внутреннего сгорания работают обыкновенно при числе оборотов, близком к некоторому нормальному, но при изменении зубчатой передачи в коробке скоростей можно, при одном и том же числе оборотов двигателя, получить разные скорости движения или, как говорят, ехать на 1-ой, 2-ой или 3-ей скорости. Зная скорость, легко определить силу тяги. Пусть, например, мощность двигателя грузовика 25 л. с. на валу, скорость 15 км на час, в таком случае сила тяги на ободу при к. п. д. $\eta = 0,7$

$$F = \frac{270N\eta}{V} = \frac{270 \times 25 \times 0,7}{15} = 315 \text{ кг.}$$

Для трактора, мощностью 40 л. с., при скорости 4,5 км в час сила тяги на ободу

$$F = \frac{270 \times 40 \times 0,7}{4,5} \cong 1700 \text{ кг.}$$

Если вес трактора = 7 т, а его собственное сопротивление движению по грунту = 0,08 и подъем = 0,03, то сила тяги на крюке

$$F_k = F - P(\omega + i) = 1700 - 7000(0,08 + 0,03) \cong 900 \text{ кг,}$$

т. е. в данном случае трактор около 45% полезной работы тратит на самопередвижение.

§ 51. Величина подъемов с точки зрения автомобильной и тракторной тяги. Прохождение крутых подъемов для легковых автомобилей и грузовиков без прицепов вполне возможно, при единственном условии — некоторого понижения скорости. Легковые автомобили могут

взбираться на подъемы до 0,15 и спускаться при надежных тормозах с 0,12. Для надежности торможения автобусов лучше не допускать уклонов более 0,08 — 0,10. Грузовики без прицепов также легко проходят короткие подъемы 0,08. Легковые автомобили могут по большей части проходить без переключения скорости уклоны до 0,06 — 0,07, грузовые 0,04 — 0,05. Переключение скорости представляет неудобство только в том случае, если уклоны меняются по величине очень часто или если, наоборот, большой уклон носит затяжной характер на несколько километров, что может отразиться некоторым увеличением времени хода.

Так как легковые автомобили и грузовики без прицепов легко проходят уклоны 0,06 — 0,08, то поэтому дорога, удобная для конного транспорта, будет удобна и для автомобиля. Для дорог, по которым можно ожидать массовое воинское движение, нежелательно превосходить 0,05. Большие уклоны могут повлечь замешательства в движении колонн грузовиков, в особенности в гололедицу и по грязной скользкой дороге. На закруглениях эти обстоятельства еще более осложняются.

Если по характеру грузооборота можно ожидать движения грузовиков с прицепами, или если предполагается использование тракторной тяги, то применение больших подъемов нежелательно. Чем меньше подъем, тем более тяжелую прицепку может тянуть грузовик, или тем больший обоз может тащить трактор (фиг. 6 и 8). В результате, с уменьшением подъема удешевляется стоимость тонно-километра перевозки, так как пробег прицепа стоит значительно дешевле, чем пробег грузовика.

Если обозначить через P — вес трактора в тоннах, Q — одной прицепки с грузом, n — число прицепов, которое может вести трактор, F — силу тяги трактора на ободу движущих колес (§ 50), то

$$F = (P + nQ)(W + i_{\max}),$$

откуда

$$nQ = \frac{F}{W - i} - P.$$

Это соотношение может быть представлено графически, как показано на фиг. 126, аналогичной графику 125 для конной тяги.

В правой части по оси абсцисс отложены мощности двигателя N , на лучах написаны скорости V , а по оси ординат сила тяги F . В левой части наклоны лучей соответствуют сумме $W + i$, а по оси абсцисс отложены веса поезда $P + nQ$. Таким образом, задаваясь любыми тремя из величин $N, V, i, P + nQ$, можно определить четвертую.

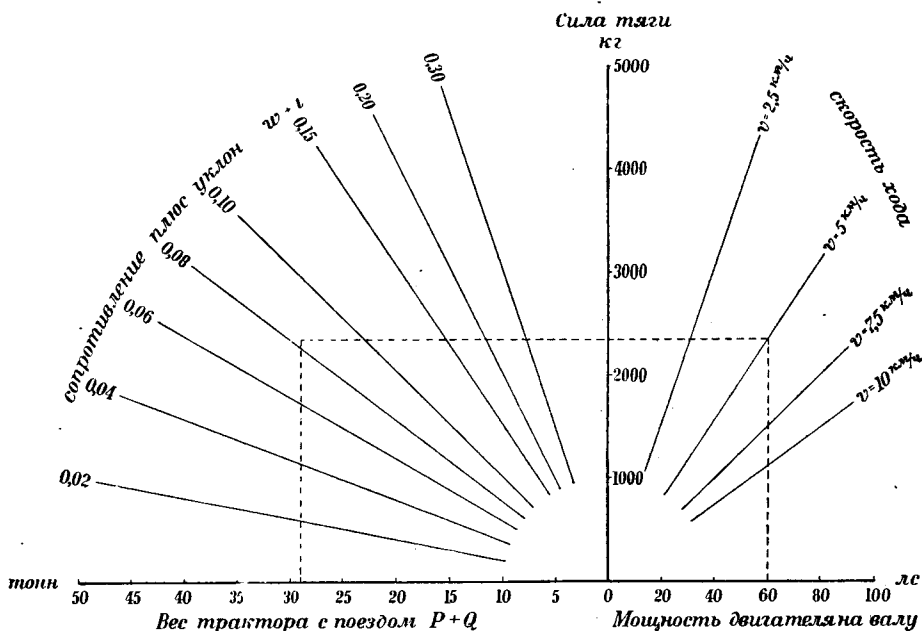
В общем, тракторная тяга и возка грузовиками с прицепами требуют для экономичности перевозки величины уклонов не более 0,03.

На автомобильных магистралях подъемы применяются не свыше 0,06, а на итальянских автострадах $i_{\max} = 0,03$.

§ 52. Нормы для предельных подъемов, принятые в различных странах. В технических условиях проектирования шоссейных и грунтовых дорог (Сборник Упшосс № 5) рекомендуются следующие нормы:

„§ 9. Продольные уклоны должны быть возможно малыми, применительно к местным условиям. Применение больших уклонов может быть оправдано только тогда, если этим путем избегаются большие земляные работы, снос строений и проч.“.

„Максимальный продольный уклон для дорог в равнинной местности принимается в 0,04, в холмистой 0,05 и в горной 0,06. При исключи-



Фиг. 126. График зависимости веса тракторного поезда от мощности двигателя и подъема дороги.

тельно трудных условиях уклон в гористой местности может быть доводим до 0,07. Если грузовое движение направлено преимущественно в одну сторону, то, в трудной местности, для обратного направления уклоны могут быть увеличены, но не более, чем на 0,01“.

„§ 10. Наибольшее протяжение участков с уклоном свыше 0,05 не должно превосходить 600 м. Участки большего протяжения разделяются на части (не свыше 600 м) вставками, с уклоном 0,02 и длиной 50 м на дорогах в равнинной и холмистой местностях, и с уклоном 0,03 и длиной 30 м на дорогах в гористой местности. В области высоких гор и на перевальных дорогах, в случае необходимости проведения дороги на значительную длину сплошным предельным подъемом, нормы разделения уклона указанными вставками могут быть облегчены“.

На шоссе Кавказа и Крыма подъемы нередко достигают величины 7—8%, а иногда и еще больше. Для стратегических шоссе (строились около западной границы в 90-х годах) было рекомендовано назначать максимальный продольный уклон по соображению с характером местности и, во всяком случае, не более 5%.

В земской практике, при улучшении отдельных непроезжих участков, применялись иногда гораздо большие подъемы: 8% и даже 10%, дабы уменьшить земляные работы. Однако, при больших подъемах достигается лишь довольно первобытное улучшение дорог и при скольконибудь интенсивном движении следует непременно понижать величину предельного уклона хотя бы до 6%.

Многие земства так и поступали, так, напр., Киевское губернское земство, делая в 1912—1913 гг. изыскания для систематического улучшения сети губернских и междуездных дорог и подъездных путей, приняло норму 6%. Бессарабское губернское земство, вследствие горного характера местности, вынуждено было взять предел 8%.

Заграничная практика дает меньшие величины. Так, в Пруссии, в гористых местностях допускаются подъемы 5%, в холмистых 4% и в равнинных 2,5%. То, что эти подъемы меньше допускаемых у нас, объясняется большей нагрузкой на подводы и более ровными шоссе. Во Франции принято другое деление дорог в отношении предельных подъемов. Именно, на национальных дорогах (т. е. государственных магистральных шоссе) допускаются подъемы в 3%, на департаментских (соответствующих нашим земским) — 4% и на проселочных 6%. Это деление имеет в виду различную интенсивность движения на трех перечисленных категориях дорог. Симплонская дорога (фиг. 50, стр. 71) при переходе через Альпы имеет с итальянской стороны наибольший подъем в 4,5% и с швейцарской — 6%.

В различных штатах Америки¹ принимаются следующие нормы:

Ш т а т ы	Магистральные дороги	Подъездные пути	В исключительных случаях
Нью-Йорк	5%	7—8%	11%
Массачузетс	5%	7%	—
Коннектикут	5%	—	—
Нью-Джерси	5%	6—7%	9%
Мичиган	6%	—	—
Миссури	5—6%	—	—
Вашингтон	5%	5%	—
Иллинойс	6%	—	9%

¹ *Hager and Bonney*, Handbook for Highway Engineers, New-York, 1916.

На национальных лесных дорогах в С.-А.С.Ш. в горной местности применяются следующие нормы:

Разряд дороги	Затяжные подъемы.	Короткие подъемы.
I	0,05	0,07
II	0,07	0,10
III	0,10	0,12

Применение подъемов 0,07 — 0,10 на коротком протяжении, которое автомобиль мог бы пройти за счет разгона, вообще применяется в С.-А.С.Ш. нередко.

По английской практике,¹ при постройке колониальных дорог руководствуются такими пределами:

Для повозок, запряженных лошадьми	4—5%
„ „ „ мулами и для прохода верблюдов	6%
„ вьючных лошадей	10%
„ „ мулов	12,5%
„ пешеходных троп	20%
„ прохода мулов без груза	25%

§ 53. Общее заключение о выборе подъема. На основании предыдущих общих соображений, а также примеров норм, можно вывести такие заключения:

1) С увеличением предельного подъема уменьшается стоимость сооружения дороги и увеличивается стоимость перевозки.

2) Поэтому, в тех случаях, когда *сооружение* дорого, средств мало, а *движение слабое*, следует применять *большие подъемы*. Таковы случаи замощения отдельных подъемов на дорогах местного значения, где можно держаться 6%. В горных местностях, где условия сооружения особенно трудны, а нагрузка слаба, предел может быть увеличен до 8%. Такое увеличение до 8% может быть, в крайности, допущено также там, где по общему плохому состоянию окрестных дорог нагрузка мала и затраты на смягчение отдельных подъемов были бы мало производительны.

3) Наоборот, там, где *движение интенсивно*, нагрузка велика, а местность равнинная, следует *уменьшать предельный подъем*, доводя его для шоссе до 3—4%, а для мостовой до 4—5%. В таких условиях находятся участки, прилегающие к большим городам и станциям жел. дор. Затраты на сооружение в этом случае всегда окупятся экономией в перевозках. Если движение в двух направлениях не одинаково, то для грузового направления следует допускать меньшие подъемы. На подъездных путях густота движения, как упоминалось (фиг. 1, стр. 9), быстро падает по мере удаления от станции. В соответствии с этим, в отдаленном конце со слабым грузооборотом, величина предельного подъема может быть взята большей, нежели вблизи станции.

¹ Paul, Manual of Road Construction and Maintenance, Chatham, 1908.

4) Сопоставляя все сказанное в п.п. 1 — 3, можно установить такие нормы предельных подъемов, применительно к данным таблицы на стр. 156.

Таблица № 18.
Величины предельных подъемов.

М е с т н о с т ь	Д в и ж е н и е		
	сильное	среднее	слабое
	Д о р о г а		
	шоссе	мостовая	грунтовая
Равнинная	3%	5%	7%
Слабо холмистая	4%	6%	8%
Сильно холмистая	5%	7%	9%
Горная	6%	8%	10%

При этом а) на коротком протяжении, не более 200 м, отдельные подъемы могут быть увеличиваемы против этих норм на 2% (прохождение с разбега).

б) на закруглениях величина подъема должна быть уменьшаема согласно § 58.

§ 54. Наименьший уклон. Наименьшим подъемом является, конечно, горизонтальная площадка; однако, длинных площадок избегают, по соображениям об отводе воды, и заменяют их минимальными уклонами.

Так, по § 11 Врем. техн. услов. Упр. шосс. дор. „Минимальный продольный уклон назначается в 0,005. Горизонтальные участки допускаются только для насыпей по болотам и для высоких дамб по разливам рек, просыхание которых происходит быстро и без продольного уклона, а также для дорог в песках или иных грунтах, обеспечивающих быстрое просыхание шоссейной коры. Если горизонтальные участки дороги заменяются участками с уклонами в 0,005, направленными в разные стороны, то длина каждого такого участка не должна быть менее 100 м“.

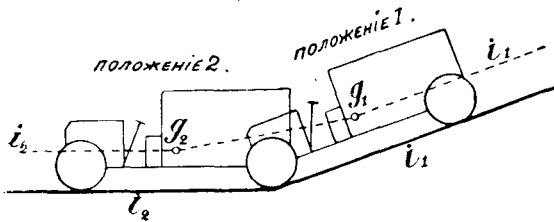
В других странах установлены еще большие величины наименьшего подъема, во Франции — 0,008, а в Англии — 0,0125. Принятая у нас величина 0,005 должна быть, поэтому, по возможности соблюдается, тем более, что поверхность мостовых менее обеспечивает от застоя воды, чем гладкая поверхность заграничных шоссе.

§ 55. Переломы уклонов. Резкие переходы в продольном профиле от одного уклона проектной линии к другому представляют неудобства:

1) при быстром переходе автомобиля через перелом — из положения 1 в положение 2 (фиг. 127) — и еще более в обратном направлении, получается резкий толчок;

2) при выпуклой вершине перелома уменьшается видимость пути впереди автомобиля; эта видимость должна быть не менее 100 — 150 м;

3) при соблюдении прямолинейных уклонов проектная линия недостаточно эластично огибает черную линию поверхности земли, в результате чего получаются излишние земляные работы.



Фиг. 127. Проход автомобиля вместе перелома продольного профиля.

По всем этим соображениям переломы уклонов соединяют плавными закруглениями в вертикальной плоскости. Пологость закруглений увеличивается с их радиусом, т. е. вместе с их длиной (при заданной разности уклонов). Длина кривой, сопрягающей уклоны, может быть определена из соображений, чтобы на протяжении λ , приблизительно равном длине грузовика, уклон менялся бы не более как на 1‰ (последнее время берут $\frac{1}{2}$ ‰). Величину λ берут не менее 7—8 м, а для дорог, по которым движение происходит с большой скоростью, не менее 10 м. Таким образом, если требуется соединить вертикальной кривой перелом $+0,04$ и $-0,02$, то длина переходной кривой должна быть не менее $8(4 + 2) = 48 \cong 50$ м. Длина в 50 м вообще считается минимальной для переходных кривых. При величине $\lambda = 8$ м обеспечивается видимость примерно на 100 м.

Для разбивки кривой могут служить следующие формулы (фиг. 128):

1) Расстояние d от вершины перелома до середины вертикальной кривой

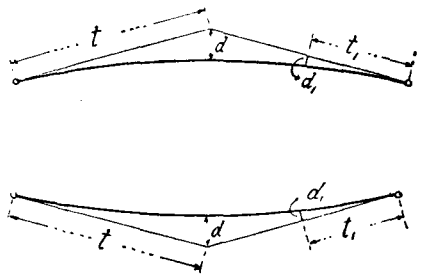
$$d = \frac{S}{8} \frac{(i_1 - i_2)}{100},$$

где $i_2 - i_1$ — абсолютная величина изменения подъемов, в целых процентах, а S — желаемая длина кривой.

Если $\lambda = 8$ м, то

$$S = 8(i_2 - i_1),$$

$$d = \frac{(i_1 - i_2)^2}{100} \text{ м.}$$



Фиг. 128.

Пример. Величина встречных подъемов $i_1 = 0,03$, $i_2 = -0,045$, длина $S = 8(3 + 4,5) = 60$ м, поэтому для разбивки кривой откладываем от точки перелома в обе стороны величины $\frac{S}{2} = 30$ м, а самую точку перелома понижаем на величину:

$$d = \frac{(3 + 4,5)^2}{100} = 0,56 \text{ м.}$$

2) Ординаты промежуточных точек кривой (фиг. 128)

$$d_1 : d = t_1^2 : t^2,$$

откуда

$$d_1 = d \frac{t_1^2}{t^2}.$$

Пример. Определим, насколько надо опустить полотно в точках, отстоящих на 10 м от вершины, в каждую сторону.

По второй формуле

$$t_1 = 30 - 10;$$

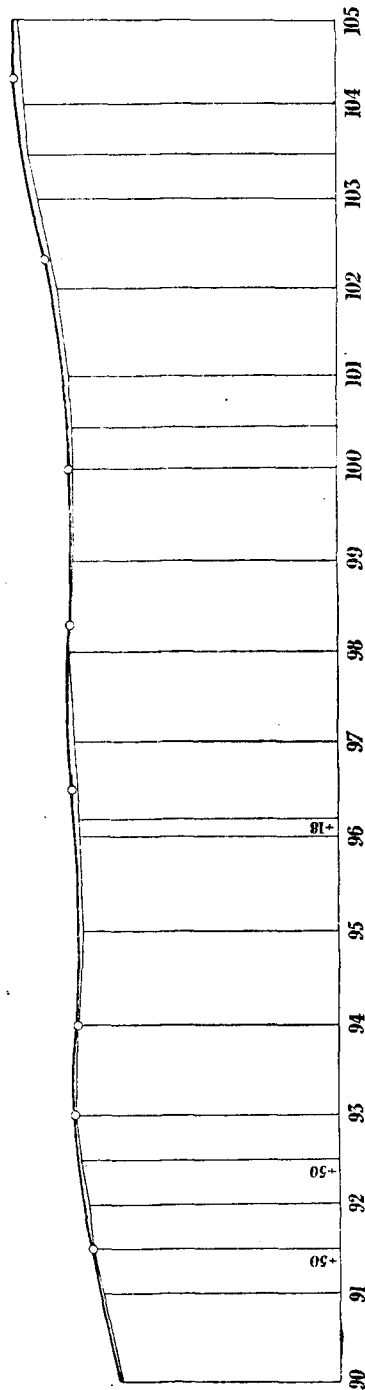
$$d_1 = 0,56 \times \left(\frac{30 - 10}{30}\right)^2 = 0,25 \text{ м.}$$

Кривыми в вертикальной плоскости следует широко пользоваться для улучшения проектной линии, придавая ей волнообразный профиль из чередующихся выпуклых и вогнутых кривых (фиг. 129). Длины этих кривых подбирают в соответствии с желаемым понижением d продольного профиля в точках перелома.

Задачи.

7. В расстоянии 20 м от конца моста, расположенного на горизонтальной площадке, начинается 5% подъем. Определить возвышение кривой в точке перелома, если начало кривой должно быть не ближе 5 м от моста.

8. На 7% длинном подъеме устраивается площадка с уклоном 0,01, длиной 100 м. Определить расстояние от вершин перелома до середины кривой, если между концами обратных вертикальных кривых остается площадка 0,01 длиной 50 м.



Фиг. 129. Волнообразная проектная линия, состоящая из кривых в вертикальной плоскости.

9. Определить сопротивление движению повозки весом 500 кг, везущей паровой котел весом 2000 кг по дороге, замощенной булыжной мостовой; подъемы 0,03.

Определить необходимое число сильных лошадей, которое надо впрячь, оценивая усилие нескольких лошадей в 80% от кратного одиночной запряжки.

10. На какой наибольший а) короткий, б) затяжной подъем может вытащить упомянутую в задаче 9 повозку шестерка сильных лошадей по грунтовой дороге, находящейся в накатанном удовлетворительном состоянии.

11. Определить силу тяги на ободе движущих колес автомобиля при мощности двигателя 28 л. с. на валу и скорости 10 км в час.

12. Определить возможную скорость грузовика на подъеме 0,08 по шоссе при весе машины 4,5 т, груза 5 т и мощности двигателя 35 л. с.

Литература к главе V. Кроме основных руководств, указанных в конце главы IV на стр. 137, см. также Н. Н. Давиденков, „Дорожное Дело“. Транспечать 1925; Е. П. Залесский, Горные дороги, Транспечать 1925; М. А. Ляхницкий, Обыкновенные дороги. С. Петербург, 1905, а также Труды III Международного дорожного конгресса.

ГЛАВА ШЕСТАЯ. УСТРОЙСТВО ЗАКРУГЛЕНИЙ.

§ 56. Значение закруглений для трассы дороги. Направление оси дороги, называемое *трассой*, определяется ее планом и продольным профилем. В плане ось состоит из ряда прямых, соединенных между собой дугами круга (фиг. 130). Точки *B, C, D* называются *вершинами углов*, дуги *ab, cd, ...* *закруглениями*, участки прямых между ними *прямыми вставками*. В некоторых случаях дороги примыкают одна к другой и пересекаются непосредственно под углом; напр., городские улицы пересекаются под прямыми углами. Но и в этом случае экипаж изменяет свое направление постепенно и фактический путь представляет собой кривую.

Движение по кривым отличается от движения экипажей по прямой:

1) поворот экипажей требует затраты дополнительной механической работы двигателя;

2) при повороте со значительными скоростями экипажи находятся под действием центробежной силы, поперечной к направлению движения и могущей вызывать скольжение экипажа вбок, а при некоторых условиях и его опрокидывание;

3) видимость пути на поворотах ухудшается, этим увеличивается опасность наезда на людей и столкновения экипажей между собой.

В общем, закругления представляют неудобные, а иногда и опасные участки трассы. Эта опасность увеличивается с возрастанием скорости, присущем автомобильной тяге, и с увеличением крутизны поворотов. Для удобного и безопасного прохождения по кривым автомобилей, и вообще экипажей, при устройстве закруглений применяют: а) пологие радиусы, б) смягчение подъемов, в) уширение проезжей части, г) односкатный поперечный профиль и переходы к нему, называемые *виражами*.

§ 57. Радиусы закруглений. Каждое закругление (фиг. 130) характеризуется величиной угла поворота при вершине и радиусом. Чем больше длина закругления при одном и том же угле, т. е. *чем больше радиус*, тем более постепенно происходит поворот экипажа. Поэтому закругления больших радиусов называют *пологими*, а малых *крутыми*. Кроме большей

постепенности поворота экипажа, с увеличением радиуса сокращается общая длина пути, проходимого экипажем, как это видно из фиг. 131.

Длина пути по кривой радиусом R_1 при центральном угле α

$$S_1 = \frac{\pi R_1 \alpha}{180}.$$

Длина пути по кривой радиусом $R_2 < R_1$

$$S_2 = 2(R_1 - R_2) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi R_2 \alpha}{180}.$$

Сокращение длины

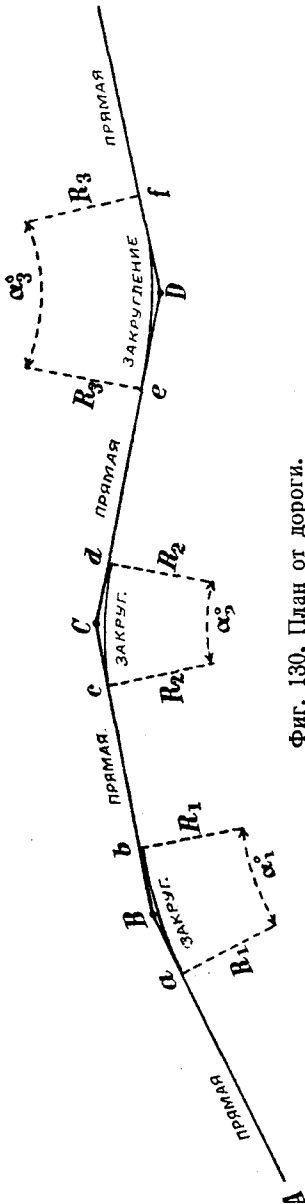
$$\Delta S = S_2 - S_1 = (R_1 - R_2) \left(2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{\pi \alpha}{180} \right)$$

тем больше, чем больше разность $R_1 - R_2$ и чем больше α . Так, напр., для $\alpha = 90^\circ$ при увеличении радиуса с 20 до 50 м сокращение длины поворота будет

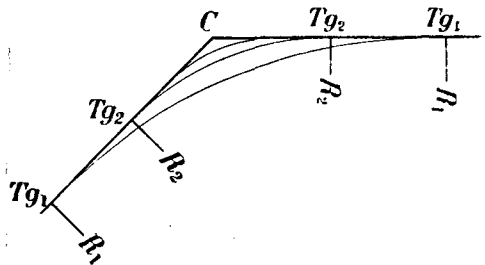
$$\Delta S = (50 - 20) (2 - 1,57) = 12,9 \text{ м.}$$

Если кривых по длине пути много (фиг. 130), то общее сокращение длины дороги от увеличения радиусов может быть довольно значительным, а вместе с длиной сокращаются:

- 1) расходы на постройку и содержание полотна дороги (напр., шоссе);
- 2) расходы на пробег автомобилей (шины, бензин и пр.).



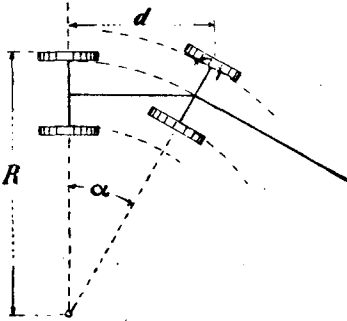
Фиг. 130. План от дороги.



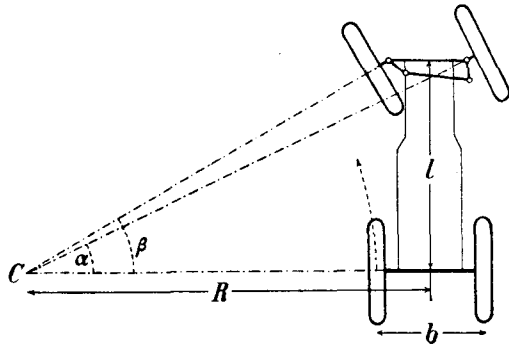
Фиг. 131. Сокращение длины пути с увеличением радиуса.

Поэтому террасу дороги стремятся сделать, сколь возможно, пологой и плавной, т. е. с малым числом углов и большими радиусами. Наименьшая допустимая величина радиуса определяется устройством ходовых частей и скоростью движения.

Поворот экипажей для разных родов тяги совершается различно. При конной тяге поворот производится лошадьми; передняя ось (фиг. 132) становится под углом к задней. От расстояния между осями (d) и величины наибольшего угла α зависит наименьший радиус поворота R . В легковых экипажах угол α может быть доведен до 90° , но практически к такому повороту, в виду неудобного положения лошадей по отношению к экипажу,



Фиг. 132. Схема поворота конного экипажа.



Фиг. 133. Схема поворота автомобиля.

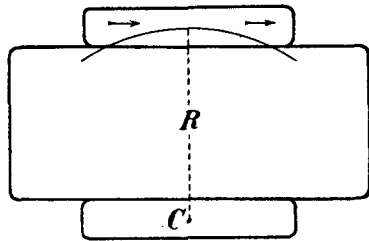
прибегают только в редких случаях, при выезде с места стоянки. У автомобилей (фиг. 133) передние колеса становятся под углом к своей оси, с которой они соединены шарнирами; двигатель, соединенный с задней осью, толкает кузов вперед, т. е. под углом к передней оси, чем и производится поворот. В гусеничном тракторе (фиг. 134) одна из гусениц может быть замедлена или остановлена, радиус поворота зависит от разности скоростей; минимальный радиус может быть сделан равным расстоянию между гусеницами. На рельсовых путях поворот совершается вследствие давления (реакции) наружного рельса на закраину бандажа, за счет силы тяги локомотива.

В соответствии с устройством экипажей на дорогах со слабым конным движением берут радиус не менее 20—30 м. Для шоссейных дорог берут радиус не менее

30—50 м. Для участков дорог, по которым можно ожидать развития автомобильного движения, во избежание уменьшения скорости, радиусы закруглений должны быть не менее 50 м и, еще лучше, не менее 100 м.

Вообще, применение радиусов менее 50 м оправдывается только неблагоприятными топографическими условиями.

В § 14 Врем. техн. условий проектиров. шосс. дор. говорится: „Минимальный радиус закруглений на поворотах в равнинной и холмистой мест-



Фиг. 134. Схема поворота трактора.

ности и вообще, где возможно, принимается в 50 м. В гористой местности и в тех случаях, где применение такого радиуса потребовало бы значительных затрат, — в 30 м и лишь в исключительно трудных случаях не менее, чем в 10 м. “

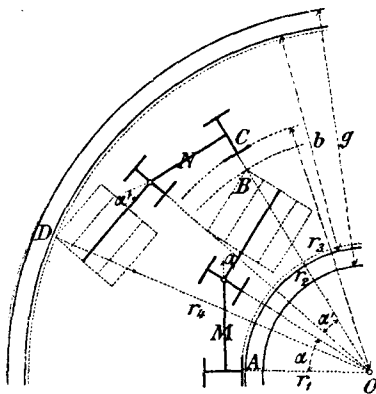
Вообще говоря, применительно к практике, принятой на железных дорогах, следует различать три величины радиусов. *Основным рекомендуемым радиусом* называется такой, который должен применяться при средних незатруднительных условиях, для обеспечения возможности движения с достаточной скоростью, и который не должен без нужды уменьшаться. *Наименьший нормальный радиус* применяется в трудных условиях трассы (горная местность, большие земляные работы). *В исключительных случаях* допускается еще меньший радиус во избежание крупных строительных расходов (снос строений, выемка в скале, изменение проекта моста и т. д.). Величины рекомендуемого, наименьшего нормального и наименьшего исключительного радиусов зависят от рода движения.

Таблица № 19.
Величина радиусов закруглений.

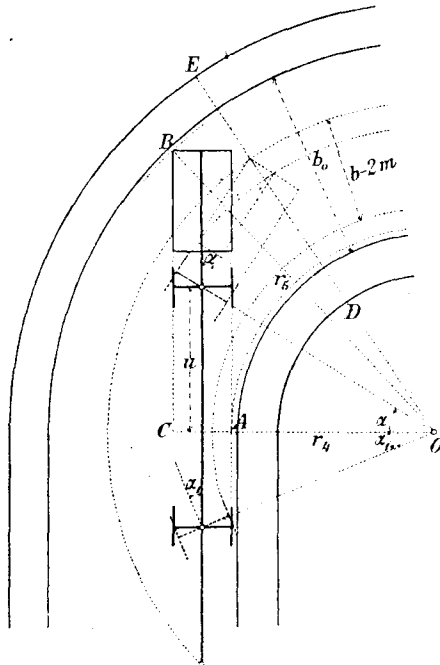
Род движения	Очень большое автомоб. движение со скоростями свыше 40 км в час	Небольшое автомобильное движение скорости менее 40 км в час. Интенсивное гужевое, пассажирск. и грузовое сообщение	Гужевое движение средней интенсивности, почтовое сообщение	Слабое гужевое сообщение, легкие повозки
Вид дороги	Шоссе магистрального значения	Подъездные пути к городам и станциям	Второстепенные уездные и волостные дороги	Полевые дороги, тропы
Радиусы закруглений в м				
а) основной рекомендуемый	200 — 300	100	50	30
б) наименьший нормальный	100	50	30	10
в) допустимый в исключ. случаях	50	30	20	5

§ 58. Дополнительная работа на кривых и смягчение подъемов. Движение экипажа при проходе по закруглению может быть разложено на два — на поступательное и на вращательное вокруг мгновенной оси. При вращательном движении двигателю приходится преодолевать дополнительное трение в частях экипажа и трение от скольжения шин колес

по дороге. Величина этой дополнительной работы $T_k = k\alpha Q$ пропорциональна углу поворота α и весу экипажа Q ; поэтому сопротивление движению на кривой $W_k = \frac{T_k}{L_k} = \frac{k\alpha Q}{R\alpha} = Q \frac{k}{R}$ обратно пропорционально величине радиуса. Кроме дополнительной работы на преодоление трения на закруглении направление тяги лошадей не совпадает с направлением движения экипажей, а приходится под углом, причем действующая вдоль пути слагающая силы тяги уменьшается; кроме того, приходится считаться еще с менее согласной работой лошадей. В виду всех этих соображений, избегают совпадения закруглений с крутыми подъемами, которые также (§ 46) требуют от двигателя дополнительной



Фиг. 135. Проход по закруглению встречных экипажей.



Фиг. 136. Проход по закруглению повозки с длинным бревном.

работы; чем меньше радиус закругления, тем меньше допускаются величины подъемов, совпадающих с этим закруглением.

Практически можно руководствоваться формулой

$$i_{\max} = \frac{R}{25} \text{ до } \frac{R}{20},$$

где R — радиус в м, — а i_{\max} — предел допустимого на закруглении подъема в ‰. Так, напр., для $R = 50$ м i_{\max} равняется 2‰, или 0,02, а при $R = 100$ м i_{\max} равняется 0,04 и т. д.

§ 59. Уширение дороги на закруглениях нужно для перевозки длинных бревен и пр., концы которых свешиваются с повозки и могут на поворотах задеть соседние экипажи, людей, идущих по обочинам, или, наконец, дома и деревья около дороги. Для свободного провоза таких

предметов ширина проезжей части на закруглениях должна быть тем более, чем меньше радиус. Величина необходимого уширения может быть определена аналитически или, еще лучше, графически.

На фиг. 135 представлен эскиз разъезда двух экипажей, запряженных четверкой, на повороте малого радиуса (r_1 по внутреннему краю проезжей части). На фиг. 136 въезд с прямой на закругление повозки с длинным бревном, причем сплошными линиями показан случай, когда запряжка въезжает на закругление по прямому направлению, а пунктиром, когда она заблаговременно повернута.¹ Составляя такие эскизы для автомобилей с прицепками, тракторных обозов и проч., можно графически определить необходимую наименьшую ширину дороги. На практике пользуются для этого готовыми таблицами, или нормами.

Для дорог в горной местности с особо малыми радиусами (от 5 до 25 м, § 57), по которым возят длинные бревна, в Германии выработаны следующие нормы:

ТАБЛИЦА № 20.

Ширина проезжей части на закруглении (для конной тяги).

А. — Дороги в выемке.

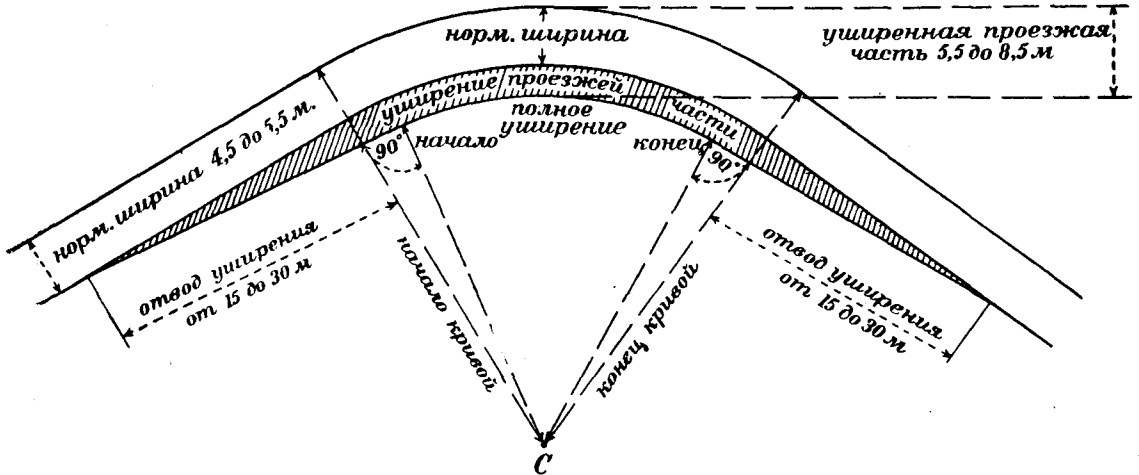
Длина бревна в метрах	Радиус в метрах по внутреннему краю							
	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	25
	Наименьшая ширина дороги в метрах							
15	6,5	5,3	5,0					
17,5	7,0	5,8	5,2	5,0				
20	8,5	7,3	6,2	5,5	5,0			
25	11,0	9,8	8,2	7,0	6,0	5,5	5,5	
30	13,5	11,0	9,5	8,5	7,5	6,5	5,5	5,0

Б. — Дороги в насыпи.

Длина бревна в метрах	Радиус в метрах по внутреннему краю						
	5	7,5	10	12,5	15	17,5	
	Наименьшая ширина дороги в метрах						
15	5,5	5,0					
17,5	6,0	5,5	5,0				
20	7,0	6,3	5,2				
25	8,5	7,0	6,0	5,3	5,0		
30	11,0	9,0	7,2	6,2	5,5	5,0	

¹ Фиг. 135 и 136 взяты из книги М. А. Ляхницкого, Обыкновенные дороги.

При автомобильном движении приходится считаться с необходимостью увеличения зазора x между габаритами экипажей, быстро идущих навстречу или обгоняющих один другой. Этот зазор желательно делать не меньше 1—1,2 м (§ 35, стр. 117), в соответствии с чем проезжая часть на всей длине закругления *внутрен-*



Фиг. 137. Уширение проезжей части на кривой посредством отвода внутреннего канта.

ней стороны получает уширение (фиг. 137). На примыкающих к закруглению прямых частях дороги это уширение постепенно сводится на-нет на так называемой длине отвода, равной 15—30 м, считая от начала или конца кривой. Примерные нормы уширения и отвода даны в следующей таблице:

Таблица № 21.

Ширина проезжей части и длина отвода для дорог с автомобильным движением.

Дороги	Радиус закругления в метрах								
	15	20	25	30	50	75	100	150	200 и более
	Наименьшая ширина проезжей части в метрах								
Главные	—	—	—	7,5	7,2	6,9	6,6	6,3	6
Второстепенные .	9	8	8,5	7	6,5	6,2	6	5,75	5,5
	Длина отвода уширения в метрах								
	30	30	30	30	27	27	24	21	10

В общем можно сказать, что для автомобильной тяги величина уширения проезжей части составляет от $\frac{50}{R}$ до $\frac{75}{R}$ м.

В § 59 Временных технических условий проектирования шоссеиных дорог: „На закруглениях радиусом от 10 до 20 м, для свободного проезда, ширина каменной одежды увеличивается на всю ширину обеих обочин, а при радиусах от 20 до 30 м включительно на 1 м“.

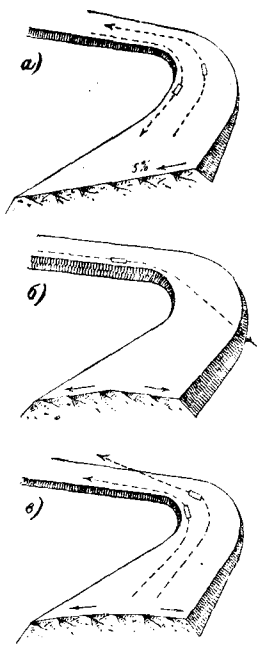
§ 60. Центробежная сила, применение односкатного профиля, виражи. При прохождении автомобилей по закруглениям они подвергаются воздействию центробежной силы

$$C = \frac{Q}{g} \frac{V^2}{R},$$

где Q —вес автомобиля, g —ускорение силы тяжести, V —скорость, R —радиус закругления.

Если V считать в км/час, а g принять 9,8 м/сек², R в метрах, то

$$\frac{C}{Q} = \frac{8V^2}{1000R}.$$



Фиг. 138. Движение автомобилей на закруглениях.

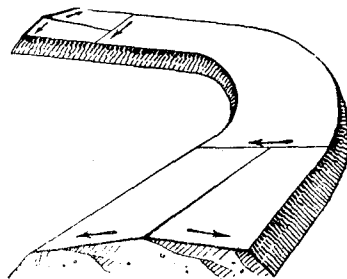
Так, например, при $V=40$ км в час, $R=100$ м $\frac{C}{Q} = 0,13 = \frac{1}{8}$. Эта центробежная сила действует в поперечном направлении. У шоффера нет никаких средств ей воспрепятствовать, кроме заблаговременного уменьшения скорости. Если коэффициент трения резиновых шин по поверхности дороги менее величины $\frac{C}{Q}$, в данном случае $\frac{1}{8}$, что очень часто может иметь место на грязной дороге, то произойдет поперечное скольжение автомобиля. Так как масса, приходящаяся на заднюю ось автомобиля, в особенности грузовика, больше, чем на переднюю, то при этом произойдет вращение всей машины вокруг вертикальной оси, проходящей через центр тяжести. Такое закидывание или занос задней оси, называемое по-французски *dérapage* (дерапаж), представляет большую опасность. Воспрепятствовать ему можно двумя способами:

- 1) ограничением скорости движения,
- 2) приданием односкатного профиля с повышением проезжей части внаружу кривой (фиг. 138 а).

При таком устройстве полотна действие центробежной силы парализуется поперечным наклоном дороги, тогда как при *двускатном* профиле происходит обратное явление, и скорость движения автомобиля должна

значительно понижаться для соблюдения безопасности. При движении с большой скоростью автомобиль, отнесенный центробежной силой за середину дороги, рискует быть выброшенным наружу (фиг. 138-б). Это заставляет держаться при поворотах сколь возможно ближе внутренней стороны кривой, т. е. ехать для одного из направлений по неправильному пути, что может дать повод к столкновениям. При обгоне одного автомобиля другим на двускатном профиле (фиг. 138 в), обгоняющий подвергается опасности бокового скольжения.

Все это, вместе взятое, заставляет для безопасности автомобильного движения делать профиль на закруглениях односкатным, с постепенным переходом от двускатного к односкатному профилю (фиг. 139). Такое устройство называется *виражем*; детали его будут подробнее рассмотрены далее. Односкатный профиль на кривых представляет некоторое неудобство для медленно движущихся конных повозок, в особенности для высоко нагруженных, напр., возов с сеном. Однако, опасность сбрасывания автомобилей гораздо более серьезна, нежели возможность опрокидывания возов с сеном, и, поэтому, развитие механической тяги непременно требует устройства виражей. Величина поперечного наклона i_0 односкатного профиля и ограничение скоростей должны, очевидно, определяться из условия разложения силы тяжести и центробежной силы



Фиг. 139. Переход от двускатного профиля к односкатному (вираж).

$$i_0 = \frac{C}{Q} = \frac{8V^2}{1000R},$$

что может быть представлено таблицей:

Таблица № 22.

Поперечный уклон односкатного профиля на закруглениях.

Скорость км в час	Радиус закругления в метрах								
	50	100	150	200	300	400	500	800	1000
15	3,5%								
25	10%	5%	3%						
40	—	—	8%	6%	4,5%				
60	—	—	—	—	9,5%	7%	6%	3,5%	
80	—	—	—	—	—	—	10%	6,5%	5%

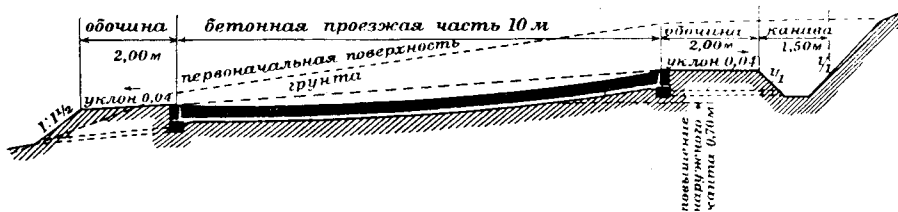
Из этой таблицы само собой вытекает, какие наибольшие скорости допустимы на закруглениях разных радиусов. Практически, однако, задачу ставят иначе — задаются пределами возможных скоростей и по ней подбирают поперечный наклон. Так, в С.-А.С.Ш. приняты такие нормы поперечного ската:

Таблица № 23.

Зависимость между поперечным скатом и допустимой скоростью.

Радиус закругления	Поперечный скат	Допустимая скорость
15 — 60 м	10‰	15 — 20 км в час
60 — 150 "	8‰	25 — 35 "
150 — 250 "	6‰	35 — 40 "
250 — 350 "	4‰	35 — 45 "

Длина отвода или длина виража (см. § 66) берется практически около 30 — 50 м; вообще продольный уклон наружного канта на длине отвода должен быть по возможности не более 0,01.

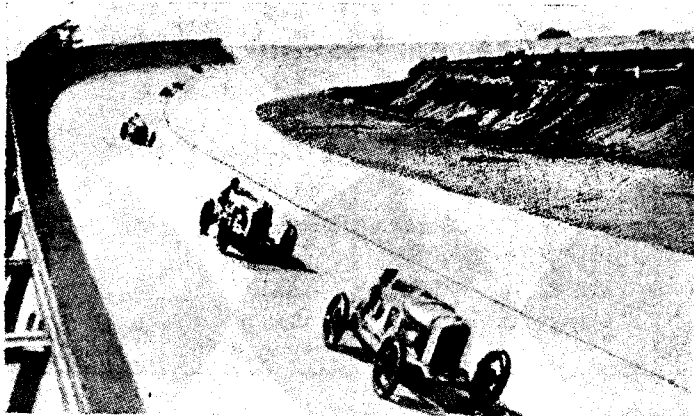


Фиг. 140. Поперечный профиль дороги автодрома Лина-Монлери на закруглении $R = 15$ м.

Когда приходится считаться с большими скоростями движения, задача несколько осложняется. Так, при постройке в 1925 г. нового автодрома Лина-Монлери¹ для испытания автомобилей пробегами с максимальной скоростью до 200 км/час, дороге на закруглениях малого радиуса придавался вогнутый параболический профиль с тем, чтобы обгоняющие быстро идущие автомобили могли пользоваться наружным высоким краем дороги, а обгоняемые медленно идущие — держаться внутреннего низкого края. На фиг. 140 представлен поперечный вогнутый профиль бетонной дороги 10 м ширины, при наименьшем радиусе 15 м. Участок этот должен проходиться с самыми малыми скоростями, не более 10 км/час. На участке с большей скоростью, фиг. 141, при радиусе 250 м внутренней полосе для скорости 75 км в час придан наклон 18‰. Наружной полосе, по которой допускается движение

¹ См. Genie Civil, 1925 г., №№ 6 и 13.

до 200 км в час, придан наклон в 117‰, т. е. около 5° к горизонту. Сопряжение сделано по строго рассчитанной параболы 4-й степени. Отвод виража сделан с продольным уклоном 0,035.



Фиг. 141. Автодром Лина-Монлери. Закругление на участке большой скорости.

§ 61. Разбивка кривых. На фиг. 142 изображены основные элементы разбивки кривой. Угол $DBE = \alpha$ называется *углом поворота*, или просто *углом*; как видно из чертежа, это *внешний угол* между направлениями оси дороги; он равен центральному углу ACD . Точки A и D называются *началом* и *концом кривой*, точка B *вершиной угла*. Длины касательных AB и BD называются *тангенсами*. Расстояние BM до середины кривой называется *биссектрисой*. Длина дуги AMD называется *длиной кривой*. Если обозначить через R радиус закругления $AC = CD$, то вышеперечисленные элементы выражаются таким образом:

тангенс (длина касательной)

$$AB = BD = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

биссектриса (расстояние до кривой)

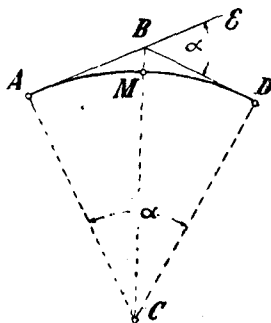
$$BM = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4},$$

длина кривой

$$AMD = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}.$$

При разбивке в натуре элементы кривой вычисляются на практике не по формулам, а с помощью таблиц.

Дубелир. Дорожное дело, т. 1.

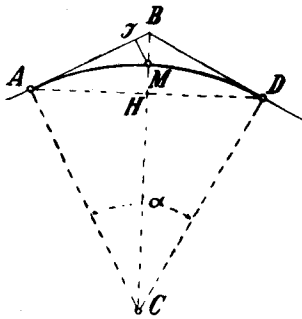


Фиг. 142. Разбивка кривой по касательным.

§ 62. Таблицы для разбивки закруглений. В СССР для разбивки кривых пользуются таблицами Кренке, образец коих здесь приводится:

°	'	Касательная $AB = BD$	Кривая AMD	Абсцисса $AI = AH$ (фиг. 143)	Ордината $HM = IM$ (фиг. 143)	Расстояние до кривой BM
20°	0'	176,327	349,066	173,648	15,192	15,426
	10'	177,827	351,975	175,080	15,446	15,688
	20'	179,328	354,884	176,512	15,701	15,952
	30'	180,829	357,793	177,944	15,959	16,217
	40'	182,332	360,701	179,375	16,219	16,486
	50'	183,835	363,610	180,805	16,481	16,756

В этой таблице величины элементов кривой даны для отвлеченного радиуса 1 000 через каждые 10'. Для заданного радиуса необходимо эти элементы пропорционально изменить. Так, напр., пусть требуется разбить кривую радиусом 50 м при центральном угле 20°30'. Величины элементов, показанные в таблицах, уменьшаем пропорционально отношению 50 : 1 000. Получаем:



Фиг. 143. Элементы разбивки кривой.

Длину тангенса 9,04 м
 „ биссектрисы 0,81 „
 „ кривой 17,39 „

Откладывая от вершины угла в обе стороны 9,04 м и намечая, по направлению равнодействующей, точку М, отстоящую от вершины угла на 0,81 м, мы получим три основных точки кривой — А, М, В.

В таблицах Моржова величины тех же элементов даны для радиуса = 1, через каждые 2'. Промежуточные значения определяются интерполированием.

В составленной нами таблице № 24 для разбивки закруглений, приведенной на стр. 179—191, даны величины касательных, длин кривой, поправок и биссектрис для радиуса 10. Такие таблицы более удобны для дорожного дела, так как наиболее часто применяются величины радиусов 20, 30, 50, 100 м. Для всех этих радиусов нужные элементы получаются из таблицы путем простого умножения на 2, 3, 5 м... Что касается величин „поправок“, представляющих разницу длин двух касательных и кривой, $2Tg - K$, то об их применении будет сказано далее, в главе о подробных изысканиях, во II части.

Таблица № 24

Разбивки закруглений для радиуса = 10.

0—3 градуса

4—7 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса
0°	10'	0,015	0,029	0,000	0,000	4°	00'	0,349	0,698	0,000	0,006
	20'	029	058	0	00		10'	364	727	0	07
	30'	044	087	0	00		20'	378	756	0	07
	40'	058	116	0	00		30'	393	785	0	08
	50'	073	145	0	00		40'	407	814	0	08
1°	00'	0,087	0,175	0,000	0,000	5°	00'	0,437	0,873	0,001	0,010
	10'	102	204	0	01		10'	451	902	1	10
	20'	116	233	0	01		20'	466	931	1	11
	30'	131	262	0	01		30'	480	960	1	12
	40'	145	291	0	01		40'	495	0,989	1	12
50'	160	320	0	01	50'	509	1,018	1	13		
2°	00'	0,175	0,349	0,000	0,002	6°	00'	0,524	1,047	0,001	0,004
	10'	189	378	0	02		10'	539	076	1	15
	20'	204	407	0	02		20'	553	105	1	15
	30'	218	436	0	02		30'	568	134	1	16
	40'	233	465	0	03		40'	582	164	1	17
50'	247	495	0	03	50'	597	193	1	18		
3°	00'	0,262	0,524	0,000	0,003	7°	00'	0,612	1,222	0,002	0,019
	10'	276	553	0	04		10'	626	251	2	20
	20'	291	582	0	04		20'	641	280	2	21
	30'	306	611	0	05		30'	655	309	2	21
	40'	320	640	0	05		40'	670	338	2	22
50'	335	669	0	06	50'	685	367	2	23		

8—12 градусов

13—17° градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса
8°	00'	0,699	1,396	0,002	0,024	13°	00'	1,139	2,269	0,010	0,065
	10'	714	425	2	25		10'	154	298	10	66
	20'	729	454	3	27		20'	169	327	11	68
	30'	743	484	3	28		30'	184	356	11	70
	40'	758	513	3	29		40'	198	385	11	72
	50'	772	542	3	30	50'	213	414	12	73	
9°	00'	0,787	1,571	0,003	0,031	14°	00'	1,228	2,443	0,012	0,075
	10'	802	600	3	32		10'	243	473	13	77
	20'	816	629	4	33		20'	257	502	13	79
	30'	831	658	4	34		30'	272	531	14	81
	40'	846	687	4	36		40'	287	560	14	82
	50'	860	716	4	37	50'	302	589	15	84	
10°	00'	0,875	1,745	0,004	0,038	15°	00'	1,317	2,618	0,015	0,086
	10'	890	774	5	39		10'	331	647	16	88
	20'	904	804	5	41		20'	346	676	16	90
	30'	919	833	5	42		30'	361	705	17	92
	40'	934	862	5	43		40'	376	734	17	94
	50'	948	891	6	45	50'	391	763	18	96	
11°	00'	0,963	1,920	0,006	0,046	16°	00'	1,405	2,793	0,018	0,098
	10'	978	949	6	48		10'	420	822	19	100
	20'	0,992	1,978	6	49		20'	435	851	19	102
	30'	1,007	2,007	7	51		30'	450	880	20	105
	40'	022	036	7	52		40'	465	909	21	107
	50'	036	065	7	54	50'	480	938	21	109	
12°	00'	1,051	2,094	0,008	0,055	17°	00'	1,495	2,962	0,022	0,111
	10'	066	123	8	57		10'	509	2,996	23	113
	20'	080	153	8	58		20'	524	3,025	23	116
	30'	095	182	9	60		30'	539	054	24	118
	40'	110	211	9	61		40'	554	083	25	120
	50'	125	240	9	63	50'	569	113	25	122	

18—22 градусов

23—27 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2 Tg - K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2 Tg - K$	Биссектриса
18°	00'	1,584	3,142	0,026	0,125	23°	00'	2,035	4,014	0,055	0,205
	10'	599	171	27	127		10	050	043	56	208
	20'	614	200	28	129		20'	065	072	57	211
	30'	629	229	28	132		30'	080	102	58	214
	40'	644	258	29	134		40'	095	131	60	217
	50'	658	287	30	137		50'	110	160	61	220
19°	00'	1,673	3,316	0,031	0,139	24°	00'	2,126	4,189	0,062	0,223
	10'	688	345	32	142		10	141	218	64	227
	20'	703	374	32	144		20'	156	247	65	230
	30'	718	403	33	147		30'	171	276	66	233
	40'	733	432	34	149		40'	186	305	68	236
	50'	748	462	35	152		50'	202	334	69	240
20°	00'	1,763	3,491	0,036	0,154	25°	00'	2,217	4,363	0,071	0,243
	10'	778	520	37	157		10'	232	392	72	246
	20'	793	549	38	160		20'	247	422	73	249
	30'	808	578	39	162		30'	263	451	75	253
	40'	823	607	40	165		40'	278	480	76	256
	50'	838	636	41	168		50'	293	509	78	260
21°	00'	1,853	3,665	0,042	0,170	26°	00'	2,309	4,538	0,080	0,263
	10'	868	694	43	173		10'	324	567	81	266
	20'	883	723	44	176		20'	339	596	83	270
	30'	899	752	45	179		30'	355	625	84	273
	40'	914	782	46	181		40'	370	645	86	277
	50'	929	811	47	184		50'	385	683	88	281
22°	00'	1,944	3,840	0,048	0,187	27°	00'	2,401	4,712	0,089	0,284
	10'	959	869	49	190		10'	416	741	91	288
	20'	974	898	50	193		20'	432	771	93	291
	30'	1,989	927	51	196		30'	447	800	94	295
	40'	2,004	956	52	199		40'	462	829	96	299
	50'	019	985	54	202		50'	478	858	98	302

28—32 градусов

33—37 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса
28°	00'	2,493	4,887	0,100	0,306	33°	00'	2,962	5,760	0,165	0,429
	10'	509	916	101	310		10'	978	789	167	434
	20'	524	945	103	314		20'	2,994	818	170	439
	30'	540	4,974	105	317		30'	3,010	847	172	443
	40'	555	5,003	107	321		40'	026	876	175	448
	50'	571	032	109	325		50'	041	905	178	452
29°	00'	2,586	5,061	0,111	0,329	34°	00'	3,057	5,934	0,181	0,457
	10'	602	091	113	333		10'	073	963	183	462
	20'	617	120	115	337		20'	089	5,992	186	466
	30'	633	149	117	341		30'	105	6,021	189	471
	40'	648	178	119	345		40'	121	050	192	476
	50'	664	207	121	349		50'	137	080	194	480
30°	00'	2,679	5,236	0,123	0,353	35°	00'	3,153	6,109	0,197	0,485
	10'	695	265	125	357		10'	169	138	200	490
	20'	711	294	127	361		20'	185	167	203	495
	30'	726	323	129	365		30'	201	196	206	500
	40'	742	352	132	369		40'	217	225	209	505
	50'	758	381	134	373		50'	233	254	212	510
31°	00'	2,773	5,411	0,136	0,377	36°	00'	3,249	6,283	0,215	0,515
	10'	789	440	138	382		10'	265	312	218	520
	20'	805	469	141	386		20'	281	341	221	525
	30'	820	498	143	390		30'	298	370	225	530
	40'	836	527	145	394		40'	314	400	228	535
	50'	852	556	147	399		50'	330	429	231	540
32°	00'	2,867	5,585	0,150	0,403	37°	00'	3,346	6,459	0,234	0,545
	10'	883	614	152	407		10'	362	487	237	550
	20'	899	643	155	412		20'	378	516	241	555
	30'	915	672	157	416		30'	395	545	244	560
	40'	931	701	160	421		40'	411	574	247	566
	50'	946	731	162	425		50'	427	603	251	571

38—42 градусов

43—47 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса
38°	00'	3,443	6,632	0,254	0,576	43°	00'	3,939	7,505	0,373	0,748
	10'	460	661	258	582		10'	956	534	378	754
	20'	476	690	261	587		20'	973	563	382	760
	30'	492	720	265	592		30'	3,990	592	387	766
	40'	508	749	268	598		40'	4,006	621	392	773
	50'	525	778	272	603		50'	023	650	396	779
39°	00'	3,541	6,807	0,276	0,608	44°	00'	4,040	7,679	0,400	0,785
	10'	558	836	279	611		10'	057	709	406	792
	20'	574	865	283	619		20'	074	738	411	798
	30'	590	894	287	625		30'	091	767	416	804
	40'	607	923	290	631		40'	108	796	420	811
	50'	623	952	294	636		50'	125	825	425	817
40°	00'	3,640	6,981	0,298	0,642	45°	00'	4,142	7,854	0,430	0,824
	10'	656	7,010	302	647		10'	159	883	435	830
	20'	673	039	306	653		20'	176	912	440	837
	30'	689	069	310	659		30'	193	941	445	844
	40'	706	098	314	665		40'	210	970	451	850
	50'	722	127	318	670		50'	228	999	456	857
41°	00'	3,739	7,156	0,322	0,676	46°	00'	4,245	8,029	0,461	0,864
	10'	755	185	326	682		10'	262	058	466	870
	20'	772	214	330	688		20'	279	087	472	877
	30'	789	243	334	694		30'	296	116	477	884
	40'	805	272	338	700		40'	314	145	482	891
	50'	822	301	343	705		50'	331	174	488	898
42°	00'	3,839	7,330	0,347	0,711	47°	00'	4,348	8,203	0,493	0,904
	10'	855	359	351	717		10'	365	232	499	911
	20'	872	389	356	723		20'	383	261	504	918
	30'	889	418	360	730		30'	400	290	510	925
	40'	906	447	364	736		40'	417	319	516	932
	50'	922	476	369	742		50'	435	348	521	939

48—52 градуса

53—57 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2 Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2 Tg-K$	Биссектриса
48°	00'	4,452	8,378	0,527	0,946	53°	00'	4,986	9,250	0,721	1,174
	10'	470	407	533	953		10'	5,004	279	729	182
	20'	487	436	539	961		20'	022	308	736	190
	30'	505	465	544	968		30'	040	338	743	198
	40'	522	494	550	975		40'	059	367	751	207
	50'	540	523	556	982		50'	077	396	758	215
49°	00'	4,557	8,552	0,562	0,989	54°	00'	5,095	9,425	0,766	1,223
	10'	575	581	568	0,997		10'	114	454	773	232
	20'	592	610	575	1,004		20'	132	483	781	240
	30'	610	639	581	011		30'	150	512	789	248
	40'	628	668	587	019		40'	169	541	796	257
	50'	645	698	593	026		50'	187	570	804	265
50°	00'	4,663	8,727	0,600	1,034	55°	00'	5,206	9,599	0,812	1,274
	10'	681	756	606	041		10'	224	628	820	282
	20'	699	785	612	049		20'	243	657	828	291
	30'	716	814	619	056		30'	261	687	836	300
	40'	734	843	625	064		40'	280	716	844	308
	50'	752	872	632	072		50'	298	745	852	317
51°	00'	4,770	8,901	0,638	1,079	56°	00'	5,317	9,774	0,860	1,326
	10'	788	930	645	087		10'	336	803	869	334
	20'	806	959	652	095		20'	354	832	877	343
	30'	832	8,988	658	102		30'	373	861	885	352
	40'	841	9,018	665	110		40'	392	890	894	361
	50'	859	047	672	118		50'	411	919	902	370
52°	00'	4,877	9,076	0,679	1,126	57°	00'	5,430	9,948	0,911	1,379
	10'	895	105	686	134		10'	448	9,977	919	388
	20'	913	134	693	142		20'	467	10,007	928	397
	30'	931	163	700	150		30'	486	036	937	406
	40'	950	192	707	158		40'	505	065	946	415
	50'	968	221	714	166		50'	524	094	954	424

58—62 градуса

63—67 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса
58°	00'	5,543	10,123	0,963	1,434	63°	00'	6,128	10,996	1,261	1,728
	10'	562	152	972	443		10'	148	11,025	272	739
	20'	581	181	981	452		20'	168	054	283	749
	30'	600	210	0,990	461		30'	188	083	294	760
	40'	619	239	1,000	471		40'	208	112	305	770
	50'	639	268	009	480		50'	228	141	316	781
59°	00'	5,658	10,297	1,018	1,490	64°	00'	6,249	11,170	1,327	1,792
	10'	677	327	027	499		10'	269	199	338	803
	20'	696	356	037	509		20'	289	228	350	813
	30'	715	385	046	518		30'	310	257	361	824
	40'	735	414	056	528		40'	330	286	373	835
	50'	754	443	065	537		50'	350	316	385	846
60°	00'	5,774	10,472	1,075	1,547	65°	00'	6,371	11,346	1,397	1,857
	10'	793	501	085	557		10'	391	374	409	868
	20'	812	530	095	566		20'	412	403	421	879
	30'	832	559	105	576		30'	432	432	433	890
	40'	851	588	115	586		40'	453	461	445	901
	50'	871	617	125	596		50'	473	490	457	912
61°	00'	5,890	10,647	1,135	1,606	66°	00'	6,494	11,519	1,469	1,924
	10'	910	676	145	616		10'	515	548	471	935
	20'	930	705	155	626		20'	536	577	483	946
	30'	949	734	165	636		30'	556	606	505	958
	40'	969	763	175	646		40'	577	636	518	969
	50'	989	792	185	656		50'	598	665	531	981
62°	00'	6,009	10,821	1,196	1,666	67°	00'	6,619	11,694	1,544	1,992
	10'	028	850	206	677		10'	640	723	557	2,004
	20'	048	879	217	687		20'	661	752	570	015
	30'	068	908	228	697		30'	682	781	583	027
	40'	088	937	239	707		40'	703	810	596	039
	50'	108	966	250	718		50'	724	839	609	050

68—72 градуса

73—77 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса
68°	00'	6,745	11,868	1,622	2,062	73°	00'	7,400	12,741	2,060	2,440
	10'	766	897	635	074		10'	422	770	076	453
	20'	787	926	648	086		20'	445	799	092	467
	30'	809	956	662	098		30'	467	828	108	480
	40'	830	11,985	675	110		40'	490	857	124	494
	50'	851	12,014	689	122		50'	513	886	140	508
69°	00'	6,873	12,043	1,703	2,134	74°	00'	7,536	12,915	2,156	2,521
	10'	894	072	717	146		10'	558	945	172	535
	20'	916	101	731	158		20'	581	12,974	189	549
	30'	937	130	745	171		30'	604	13,003	206	563
	40'	959	159	759	183		40'	627	032	223	577
	50'	980	188	773	195		50'	650	061	240	591
70°	00'	7,002	12,217	1,787	2,208	75°	00'	7,673	13,090	2,257	2,605
	10'	024	246	801	220		10'	696	119	274	619
	20'	046	275	815	233		20'	720	148	291	633
	30'	067	305	829	245		30'	743	177	308	647
	40'	089	334	844	258		40'	766	206	325	661
	50'	111	363	859	271		50'	789	235	343	676
71°	00'	7,133	12,392	1,874	2,283	76°	00'	7,813	13,265	2,361	2,690
	10'	155	421	889	296		10'	836	294	379	705
	20'	177	450	904	309		20'	860	323	397	719
	30'	199	479	919	322		30'	883	352	415	734
	40'	221	508	934	335		40'	907	381	433	748
	50'	243	537	949	348		50'	931	410	451	763
72°	00'	7,265	12,566	1,964	2,361	77°	00'	7,954	13,439	2,469	2,778
	10'	288	595	980	374		10'	7,978	468	487	793
	20'	310	625	1,996	387		20'	8,002	497	506	807
	30'	332	654	2,012	400		30'	026	526	525	822
	40'	355	683	028	413		40'	050	555	544	837
	50'	377	712	044	427		50'	074	584	563	852

78—82 градуса

83—87 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса
78°	00'	8,098	13,614	2,582	2,868	83°	00'	8,847	14,486	3,208	3,352
	10'	122	643	601	883		10'	873	515	231	369
	20'	146	672	620	898		20'	899	544	254	386
	30'	170	701	639	913		30'	925	574	277	404
	40'	195	730	669	929		40'	952	603	300	421
50'	219	759	679	944	50'	978	632	323	439		
79°	00'	8,243	13,788	2,699	2,960	84°	00'	9,004	14,661	3,347	3,456
	10'	268	817	619	975		10'	030	690	371	474
	20'	292	846	739	2,991		20'	057	719	395	492
	30'	317	875	759	3,007		30'	083	748	419	510
	40'	342	904	779	022		40'	110	777	443	527
50'	366	934	799	038	50'	137	806	467	545		
80°	00'	8,391	13,963	2,819	3,054	85°	00'	9,163	14,835	3,491	3,563
	10'	416	13,992	839	070		10'	190	864	515	582
	20'	441	14,021	860	086		20'	217	893	540	600
	30'	466	050	881	102		30'	244	923	565	618
	40'	491	079	902	118		40'	271	952	590	636
50'	516	108	923	135	50'	298	981	615	655		
81°	00'	8,541	14,137	2,944	3,151	86°	00'	9,325	15,010	3,640	3,673
	10'	566	166	965	167		10'	352	039	665	692
	20'	591	195	2,986	184		20'	380	068	691	711
	30'	617	224	3,008	200		30'	407	097	717	729
	40'	642	254	030	217		40'	435	126	743	748
50'	667	283	052	233	50'	462	155	769	767		
82°	00'	8,693	14,312	3,074	3,250	87°	00'	9,490	15,184	3,795	3,786
	10'	718	341	096	267		10'	517	213	821	805
	20'	744	370	118	284		20'	545	243	847	824
	30'	770	399	140	301		30'	573	272	874	843
	40'	796	428	163	318		40'	601	301	901	863
50'	821	457	185	335	50'	629	330	928	882		

88—92 градуса

93—97 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2 Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2 Tg-K$	Биссектриса
88°	00'	9,657	15,359	3,955	3,902	93°	00'	10,538	16,232	4,844	4,527
	10'	685	388	3,982	921		10'	569	261	876	550
	20'	713	417	4,009	941		20'	599	290	909	572
	30'	742	446	036	961		30'	630	319	942	595
	40'	770	475	064	3,980		40'	661	348	4,975	617
	50'	798	504	092	4,000		50'	692	377	5,008	640
89°	00'	9,827	15,533	4,120	4,020	94°	00'	10,724	16,406	5,041	4,663
	10'	856	563	148	040		10'	755	435	075	686
	20'	884	592	176	061		20'	786	464	109	709
	30'	913	621	205	081		30'	818	493	143	732
	40'	942	650	234	101		40'	850	522	177	755
	50'	971	679	263	122		50'	881	552	211	778
90°	00'	10,000	15,708	4,292	4,142	95°	00'	10,913	16,581	5,246	4,802
	10'	029	737	321	163		10'	945	610	281	825
	20'	058	766	350	183		20'	10,977	639	316	849
	30'	088	795	379	204		30'	11,009	668	351	873
	40'	117	824	409	225		40'	041	697	386	897
	50'	147	853	439	248		50'	074	726	421	921
91°	00'	10,176	15,883	4,469	4,267	96°	00'	11,106	16,755	5,457	4,945
	10'	206	912	499	288		10'	139	784	493	969
	20'	235	941	530	310		20'	171	813	529	4,993
	30'	265	970	561	231		30'	204	842	565	5,018
	40'	295	15,999	592	352		40'	237	872	602	042
	50'	325	16,028	623	374		50'	270	901	639	067
92°	00'	10,355	16,057	4,654	4,396	97°	00'	11,303	16,930	5,676	5,092
	10'	385	086	685	417		10'	336	959	713	116
	20'	416	115	716	439		20'	369	16,988	751	141
	30'	446	144	748	461		30'	403	17,017	789	167
	40'	477	173	780	483		40'	436	046	827	192
	50'	507	202	812	505		50'	470	075	865	217

98—102 градуса

103—107 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2 Tg-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2 Tg-K$	Биссектриса
98°	00'	11,504	17,104	5,903	5,243	103°	00'	12,572	17,977	7,166	6,064
	10'	538	133	942	268		10'	609	18,006	212	093
	20'	571	162	5,981	294		20'	647	035	259	123
	30'	606	191	6,020	320		30'	685	064	306	153
	40'	640	221	059	345		40'	723	093	353	183
	50'	674	250	098	372		50'	761	122	400	213
99°	00'	11,709	17,279	6,138	5,398	104°	00'	12,799	18,151	7,447	6,243
	10'	743	308	178	424		10'	838	181	495	273
	20'	778	337	218	450		20'	876	210	543	303
	30'	812	366	259	477		30'	915	239	592	334
	40'	747	395	300	504		40'	954	268	641	365
	50'	882	424	341	530		50'	993	207	690	396
100°	00'	11,918	17,453	6,382	5,557	105°	00'	13,032	18,326	7,739	6,427
	10'	953	482	424	584		10'	072	355	788	458
	20'	11,988	511	466	611		20'	111	384	838	489
	30'	12,024	541	508	639		30'	151	413	888	521
	40'	059	570	550	666		40'	190	442	938	553
	50'	095	599	592	694		50'	230	471	7,989	584
101°	00'	12,131	17,628	6,634	5,721	106°	00'	13,270	18,500	8,040	6,616
	10'	167	657	677	749		10'	311	530	091	649
	20'	203	686	720	777		20'	351	559	143	681
	30'	239	715	764	805		30'	392	588	195	715
	40'	276	744	808	833		40'	432	617	247	746
	50'	312	773	852	862		50'	473	646	300	779
102°	00'	12,349	17,802	6,896	5,890	107°	00'	13,514	18,675	8,353	6,812
	10'	386	831	941	919		10'	555	704	407	845
	20'	423	861	6,896	948		20'	597	733	461	878
	30'	460	890	7,031	5,976		30'	638	762	515	912
	40'	497	919	076	6,005		40'	680	791	561	945
	50'	534	948	121	035		50'	722	820	623	979

108—112 градусов

113—117 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной T_g	Длина кривой K	Поправка $2T_g-K$	Биссектриса	Градусы	Минуты	Длина касательной T_g	Длина кривой K	Поправка $2T_g-K$	Биссектриса
108°	00'	13,764	18,850	8,678	7,013	113°	00'	15,108	19,722	10,494	8,118
	10'	806	879	733	047		10'	156	751	561	158
	20'	848	908	789	081		20'	204	780	628	198
	30'	891	937	845	116		30'	253	809	696	238
	40'	934	966	901	151		40'	301	839	764	279
	50'	976	995	8,958	195		50'	350	868	832	320
109°	00'	14,019	19,024	9,015	7,221	114°	00'	15,399	19,897	10,901	8,361
	10'	063	053	072	256		10'	448	926	10,970	402
	20'	106	082	130	291		20'	497	955	11,040	443
	30'	150	111	188	327		30'	547	19,984	110	485
	40'	193	140	246	362		40'	597	20,013	181	527
	50'	237	170	305	398		50'	647	042	252	569
110°	00'	14,281	19,199	9,364	7,434	115°	00'	15,697	20,071	11,323	8,612
	10'	326	228	424	471		10'	747	100	395	654
	20'	370	257	484	507		20'	798	129	467	697
	30'	415	286	544	544		30'	849	159	540	740
	40'	460	315	605	581		40'	900	188	613	783
	50'	505	344	666	618		50'	952	217	687	827
111°	00'	14,550	19,373	9,727	7,655	116°	00'	16,003	20,246	11,762	8,871
	10'	596	402	789	693		10'	055	275	836	915
	20'	641	431	851	730		20'	107	304	911	8,959
	30'	687	460	914	768		30'	160	333	11,987	9,004
	40'	733	490	9,977	806		40'	212	362	12,063	048
	50'	779	519	10,040	844		50'	265	391	140	094
112°	00'	14,826	19,548	10,104	7,883	117°	00'	16,319	20,420	12,217	9,139
	10'	872	577	168	922		10'	372	449	295	194
	20'	919	606	232	7,960		20'	426	479	373	230
	30'	14,966	635	297	8,000		30'	479	508	452	276
	40'	15,013	664	362	039		40'	534	538	531	323
	50'	061	693	428	078		50'	588	566	611	369

Таблица № 25

Для разбивки закруглений по ординатам от касательной

Длина кривой	R=5		R=6		R=7		R=8		R=9		R=10		Длина кривой
	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	
1	0,99	0,10	1,00	0,08	1,00	0,07	1,00	0,06	1,00	0,06	1,00	0,05	1
2	1,95	0,40	1,96	0,33	1,97	0,28	1,98	0,25	1,98	0,22	1,99	0,20	2
3	2,82	0,87	2,88	0,74	2,91	0,63	2,93	0,56	2,95	0,50	2,96	0,45	3
4	3,59	1,52	3,71	1,29	3,79	1,11	3,84	0,98	3,87	0,87	3,89	0,79	4
5	4,21	2,30	4,44	1,97	4,59	1,71	4,68	1,51	4,75	1,35	4,79	1,22	5
6			5,05	2,76	5,29	2,42	5,45	2,15	5,75	1,93	5,65	1,75	6
7					5,89	3,22	6,14	2,87	6,32	2,59	6,44	2,35	7
8							6,73	3,68	6,99	3,33	7,17	3,03	8
9									7,57	4,14	7,83	3,78	9
10											8,42	4,60	10

118 градусов

119—120 градусов

Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса.	Градусы	Минуты	Длина касательной Tg	Длина кривой K	Поправка $2Tg-K$	Биссектриса
118°	00'	16,643	20,595	12,691	9,416	119°	00'	16,977	20,769	13,184	9,703
	10'	698	624	772	463		10'	17,033	799	268	752
	20'	753	653	853	511		20'	090	828	353	801
	30'	808	682	12,953	558		30'	147	857	438	850
	40'	864	711	13,017	606		40'	205	886	524	900
	50'	920	740	100	654		50'	262	915	610	9,950
						120°	00'	17,321	20,944	13,697	10,000

Длина кривой	R = 15		R = 20		R = 25		R = 30		R = 40		R = 50		Длина кривой
	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	Абсцисса	Ордината	
1	1,00	0,03	1,00	0,03	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00	0,01	1,00	0,01	1
2	1,99	0,13	2,00	0,10	2,00	0,08	2,00	0,07	2,00	0,05	2,00	0,04	2
3	2,98	0,30	2,99	0,23	2,99	0,18	3,00	0,15	3,00	0,11	3,00	0,09	3
4	3,95	0,53	3,97	0,40	3,98	0,32	3,99	0,27	3,99	0,20	4,00	0,16	4
5	4,91	0,83	4,95	0,62	4,97	0,50	4,98	0,42	4,99	0,31	4,99	0,25	5
6	5,84	1,18	5,91	0,89	5,94	0,72	5,96	0,60	5,98	0,45	5,99	0,36	6
8	7,63	2,08	7,79	1,58	7,86	1,27	7,91	1,06	7,95	0,80	7,97	0,64	8
10	9,28	3,21	9,59	2,45	9,74	1,97	9,82	1,65	9,90	1,24	9,93	1,00	10
12	10,76	4,55	11,29	3,49	11,54	2,82	11,68	2,37	11,82	1,79	11,89	1,43	12
14	12,05	6,07	12,88	4,70	13,28	3,82	13,50	3,21	13,72	2,43	13,83	1,95	14
15	12,62	6,90	13,63	5,36	14,12	4,37	14,38	3,67	14,65	2,78	14,78	2,23	15
16			14,35	6,07	14,93	4,95	15,25	4,17	15,58	3,16	15,73	2,54	16
18			15,67	7,57	16,49	6,21	16,94	5,24	17,40	3,98	17,61	3,21	18
20			16,83	9,19	17,93	7,58	18,55	6,42	19,18	4,90	19,47	3,95	20
25					21,04	11,49	22,21	9,83	23,40	7,56	23,97	6,12	25
30							25,24	13,79	27,27	10,73	28,23	8,73	30
35									30,70	14,36	32,21	11,76	35
40									33,66	18,39	35,87	15,16	40
45											39,17	18,92	45
50											42,07	22,98	50

§ 63. Разбивка кривых по ординатам. Предыдущая разбивка (§ 62)

дает только три основных точки — начало, середину и конец кривой. Для

получения промежуточных точек

пользуются абсциссами и ордина-

тами (фиг. 144), помещенными в

таблице № 25 на стр. 191 — 2, для

различных радиусов и для точек

по кривой, отстоящих друг от

друга, напр., через 1 м или че-

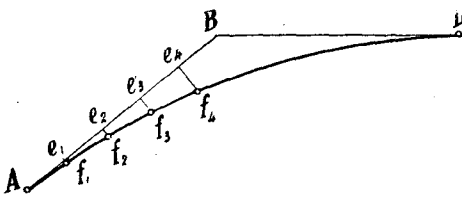
рез 2 — 5 м.

При разбивке можно переходить

последовательно от одной точки

к следующей, откладывая (фиг. 144) абсциссы Ae_1, Ae_2, \dots и ординаты

e_2f_2, e_3f_3, \dots рулеткой, с помощью эккера.



Фиг. 144. Разбивка кривой по ординатам.

Очевидно, что численные величины абсцисс и ординат пропорциональны радиусам. Этим можно воспользоваться для разбивки, переходя от таблиц одного радиуса к другому. Так, напр., если бы мы пожелали разбить кривую для $R=250$, то можно воспользоваться таблицами для $R=50$, причем абсциссы и ординаты для точек 1, 2, 3, радиуса 50 и т. д., могут быть использованы для разбивки точек кривой радиуса 250, отстоящих от начала кривой на 5, 10, 15, ... путем соответственного увеличения в 5 раз; например, для расстояния 20 м, при радиусе 250 — абсцисса будет

$$4 \times 5 = 20 \text{ м,}$$

ордината

$$0,16 \times 5 = 0,80 \text{ м.}$$

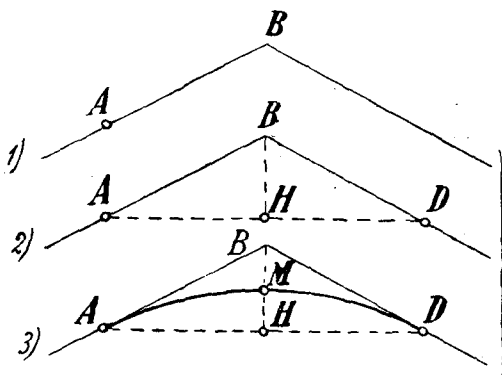
§ 64. Разбивка закруглений без таблиц. Если требуется хотя бы приблизительно наметить положение кривой на местности, чтобы, напр., судить, насколько удобно ее осуществление, иногда пользуются следующими простыми приемами разбивки без таблиц.

Задача первая. Задана вершина угла B и возможное положение начала кривой в точке A , разбить кривую (фиг. 145—¹).

Конец кривой получим, откладывая

$$BD = AB$$

(фиг. 145—²). Чтобы найти середину кривой M , делим хорду AD пополам и середину H соединяем с вершиной B . При тупом угле, положение середины кривой M может быть определено с достаточной точностью, если разделить длину BH пополам (фиг. 145—³). Более точно длина биссектрисы



Фиг. 145. Разбивка кривой без таблиц по заданному началу кривой A и вершине угла B .

$$x = BM$$

может быть вычислена с помощью линейки по формуле:

$$x = h \frac{2t}{2t + a},$$

где t есть длина касательной AB , a — длина хорды AD , а h — длина линии BH . Если бы понадобилось вычислить радиус полученного таким

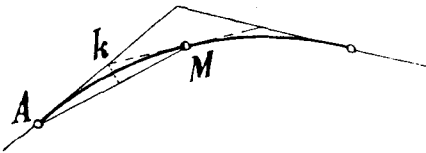
образом закругления, то он легко определяется по следующей формуле:

$$R = \frac{at}{2h} = \frac{t^2}{h}.$$

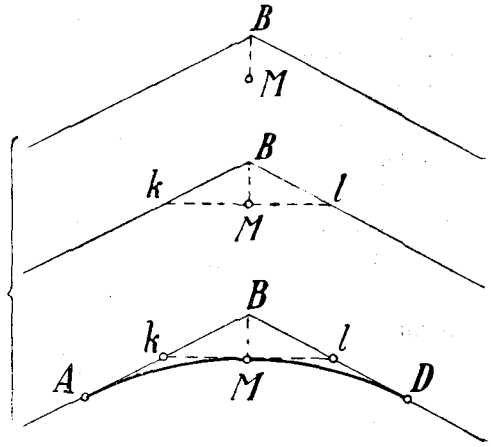
Приближенное выражение

$$R = \frac{t^2}{h}$$

можно применять для углов не



Фиг. 146. Определение промежуточной точки кривой.

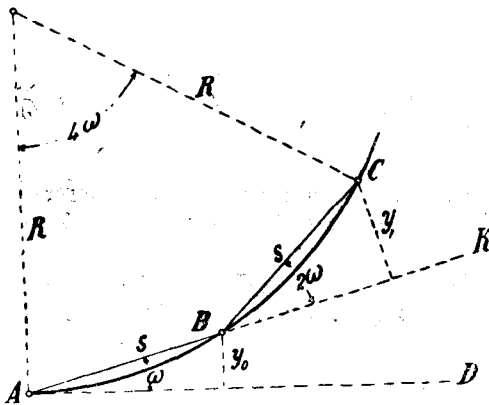


Фиг. 147. Разбивка кривой без таблиц по заданному приближительному положению середины кривой.

более 40°. Промежуточные точки могут быть определены, деля высоту треугольника AkM (фиг. 146) пополам.

Задача вторая. Дана вершина угла B и приближительное положение середины кривой M , разбить кривую (фиг. 147). В этом случае стараются

поставить две вехи k и l на сторонах угла на таком расстоянии от вершины, чтобы три точки k , M и l находились на одной прямой и чтобы $Bk = Bl$. Когда точки k и l будут найдены, может оказаться, что наметенная ранее точка M не будет приходиться точно по середине длины kl . Деля эту последнюю пополам, найдем истинное положение середины кривой M . Откладывая по сторонам угла



Фиг. 148. Разбивка кривой без таблиц по заданному началу кривой A и радиусу закругления R .

$$Ak = Mk \text{ и } ID = MI,$$

получим начало и конец кривой A и D (промежуточные точки и радиус, см. задачу 1).

Задача третья. Известно начало кривой в точке A и радиус закругления R , разбить направление кривой.

Из фиг. 148 легко видеть, что

$$y_0 = \frac{S^2}{2R},$$

где S есть некоторая постоянная хорда (напр., длина цепи = 10 м). Кроме того,

$$\sin \omega = \sin BAD = \frac{S}{2R}.$$

Выбрав величину S , мы можем построить угол KAD и найти точку B , соответствующую ординате y_0 . Продолжая прямую AB , мы можем найти следующую точку кривой C , если примем во внимание, что $\angle CBK = 2\omega$ и что $y_1 = S \sin 2\omega$.

Таким образом, задавшись постоянной длиной $S = 10$ м, мы будем для различных R иметь соответствующее ω , 2ω , y_0 , y_1 , приведенные ниже, в таблице № 26.

Таблица № 26.

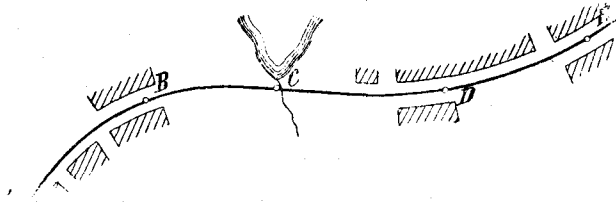
Разбивка кривой по углам ω поворота хорд и ординатам.

Радиус R	Угол $\omega = \arcsin \frac{S}{2R}$	Угол 2ω	Ордината y_0	Ордината y_1
10 м	30°	60°	5,00	8,67
15 "	19° 30'	39°	3,33	6,29
20 "	14° 30'	29°	2,50	4,85
25 "	11° 40'	23° 20'	2,00	3,96
30 "	9° 40'	19° 20'	1,67	3,31
50 "	5° 45'	11° 30'	1,00	1,99

Переходя таким образом от точки к точке, получим постепенную разбивку кривой, пока не остановимся на известном угле поворота. Для большей точности, этим полным углом поворота можно задаться, разбив в самом начале длины касательных по радиусу. Благодаря простой и компактной табличке, способ этот на практике может иногда оказаться более пригодным, сравнительно с разбивкой по ординатам.

§ 65. Разбивка кривой, проходящей через несколько заданных точек. В предыдущем были изложены способы разбивки закруглений по дуге круга. Но в дорожной практике может, сплошь и рядом, понадобиться решение совершенно другого рода. Именно, иногда *требуется провести закругление через несколько определенных точек, положение которых намечено непосредственно на местности.* Эти точки A, B, C, D (фиг. 149) могут быть выбраны, имея в виду удобства проложения именно черз них оси дороги для того, чтобы избежать, например, сноса

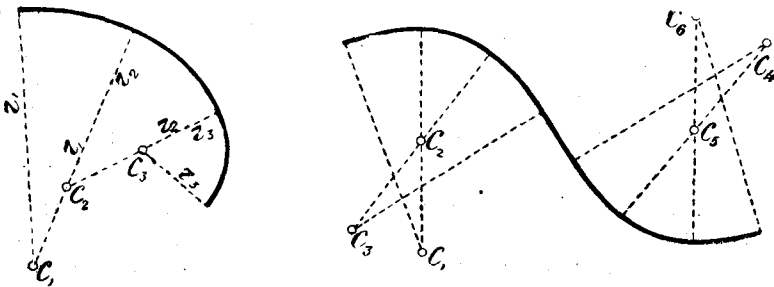
строений, или обойти какие-либо препятствия вроде пруда, скалы и проч. Иногда требуется держаться направления существующей дороги, попасть на положение существующего моста и т. д. Во всех таких случаях важно пройти именно через заданные точки A, B, C, D (фиг. 149), но совершенно не важно, чтобы полученное при этом закругление имело по всей длине постоянную кривизну, т. е. чтобы оно было непременно дугой одного радиуса. Полученные кривые (фиг. 150) могут представлять собой



Фиг. 149. Проведение линии через заданные точки.

сопряжение дуг разных радиусов R_1, R_2, R_3, \dots , описанных из нескольких центров C_1, C_2, C_3, \dots и только должны удовлетворять условиям:

- 1) чтобы, во всех точках сопряжения дуг, эти дуги имели общую касательную,
- 2) чтобы радиус кривизны нигде на протяжении всего закругления не был меньше предельного радиуса.



Фиг. 150. Сопряженные кривые с постепенным уменьшением радиуса.

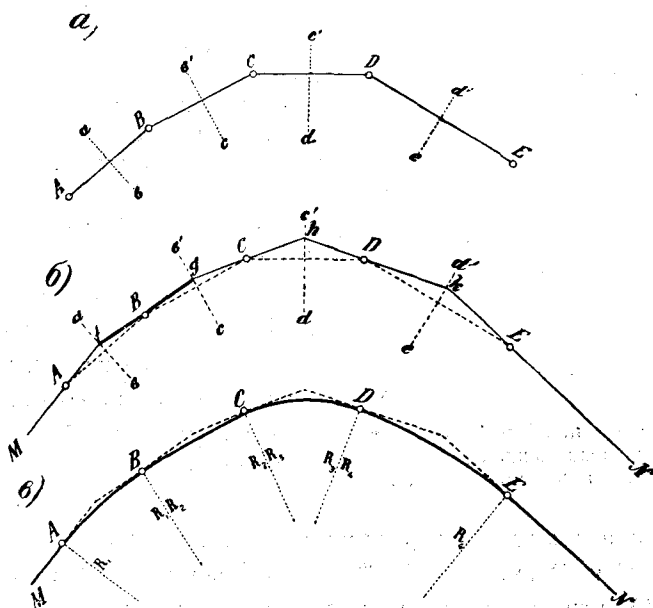
К этим двум *необходимым* условиям можно прибавить третье, *желательное*, именно,

- 3) чтобы величина радиусов менялась на протяжении закругления *постепенно* (фиг. 150), именно, наиболее пологие части закругления были бы около концов, а затем радиусы постепенно уменьшались бы к средней части закругления.

В общем виде задача о проведении через ряд заданных точек A, B, C, D, \dots кривой, состоящей из сопряженных дуг круга, может быть решена следующим образом (фиг. 151):

Соединим заданные точки A, B, C, D, \dots между собой хордами AB, BC, CD (фиг. 151 а). Разделим эти хорды пополам, из средин их восставим перпендикуляры $ab, b'c, c'd, d'e$ и т. д.

Проведем через одну из заданных точек, например, B , произвольную прямую fBg (фиг. 151 б) до пересечения с соседними перпендикулярами в точках f и g . Тогда эти точки f и g будут вершинами углов AfB и BgC , в которые и следует вписать наши закругления, пользуясь, напр., решением, указанным в задаче первой § 64.



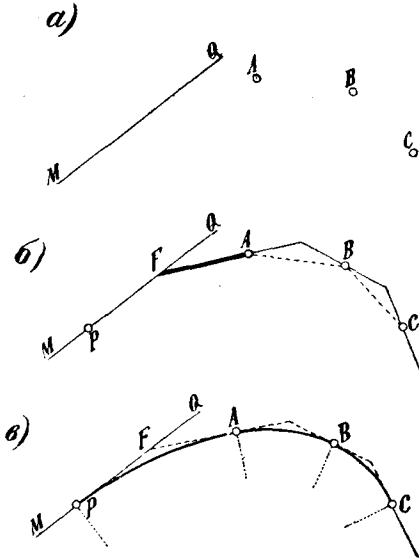
Фиг. 151. Проведение кривой через заданные пять точек A, B, C, D, E .

Далее прямую gC продолжим (фиг. 151 б) до пересечения с перпендикуляром Cd в точке h , отсюда проводим следующую прямую hDk , и т. д. С левой стороны закругления продолжаем прямую fA за первую точку A и получаем направление AM (фиг. 151 б), касательное к нашему закруглению. Точно также получаем другую касательную EN с правой стороны.

Если во все полученные нами таким образом углы, с вершинами f, g, h, k (фиг. 151 в), мы впишем дуги круга по правилам § 64, то получим в результате сопряженную кривую, проходящую через заданные точки A, B, C, D и показанную на фиг. 151 в толстой линией.

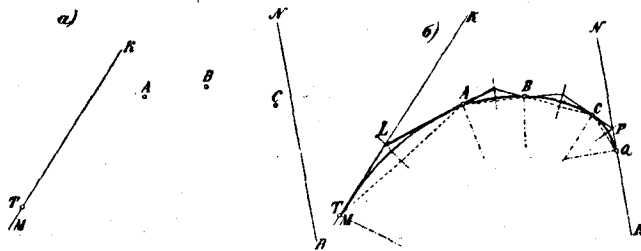
Задача может быть в некоторых случаях поставлена иначе. Могла бы быть (фиг. 152 а) задана одна из касательных MQ и целый ряд точек A, B, C, \dots на закруглении.

В таком случае проведем (фиг. 152 б) первую произвольную прямую AF через крайнюю точку A до пересечения с заданной касательной в точке F и отложим на последней $PF = AF$; тогда точка P будет началом кривой (фиг. 152 в), проходящей через заданные точки A, B, C , и касательной к данной прямой MQ .



Фиг. 152. Проведение кривой, проходящей через заданные точки A, B, C , и касательной к данной прямой MQ .

При таком построении всегда может быть случай, что кривизна изменит свое направление, т. е. выпуклость заменится вогнутостью (фиг. 154 а), как, напр., у точек C и D , где прямая bc сечет перпендикуляр cd ниже хорды CD . Смотря по обстоятельствам, можно или оставить дорогу итти такой извилиной, или озаботиться вставкой у C и D прямых $C' C''$ и $D' D''$ между обратными кривыми (фиг. 154 б) или, наконец, если это возможно, исправить положение



Фиг. 153. Проведение кривой через заданные точки, касательной к двум данным прямым MK и NR .

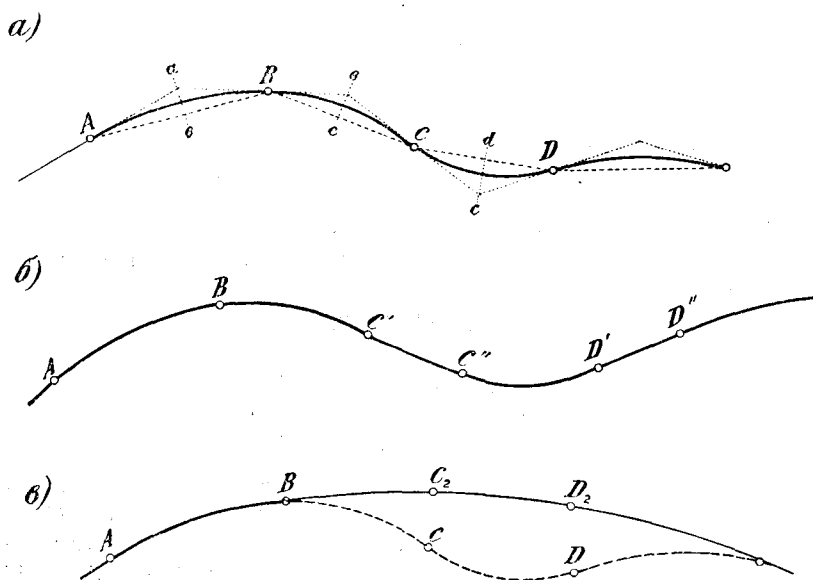
заданных точек C и D так (фиг. 154 в, точки C_2 и D_2), чтобы кривизна не меняла своего направления.

В изложенном общем ходе решения задачи мы пока не останавливались на способе выполнения *необходимого* условия, чтобы радиус нигде

Могут быть заданы (фиг. 153 а) две касательных прямых MK и RN , определенная точка касания T на одной из них и, кроме того, ряд промежуточных точек A, B, C, \dots . Соединяем точки T и A (фиг. 153 б), из середины восстанавливаем перпендикуляр к хорде TA до пересечения с касательной MK в точке L , продолжаем прямую LA до пересечения с перпендикуляром, восстановленным из середины хорды AB и т. д. Последняя из таких прямых CP пересечет вторую касательную в точке P ; тогда отложим $PQ = PC$, тогда Q будет последней точкой касания и концом нашей кривой.

При таком построении всегда может быть случай, что кривизна изменит свое направление, т. е. выпуклость заменится вогнутостью (фиг. 154 а), как, напр., у точек C и D , где прямая bc сечет перпендикуляр cd ниже хорды CD . Смотря по обстоя-

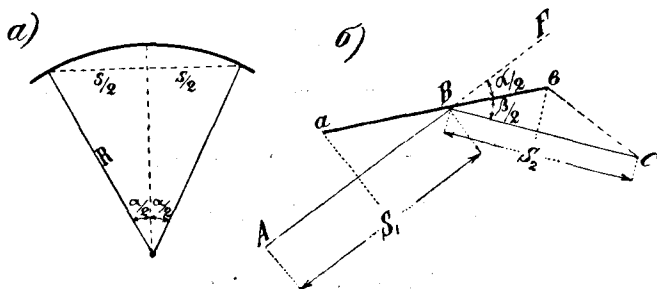
не был меньше заданного предела, а также на желательном условии, чтобы величина радиусов изменялась постепенно.



Фиг. 154.

Вообще говоря, эти два условия могут быть выполнены, исходя из основного соотношения между полухордой и радиусом (фиг. 155 а)

$$\frac{S}{2R} = \sin \frac{\alpha}{2}.$$



Фиг. 155.

В частности из фиг. 155 б видно, что внешний угол FBC между двумя последовательными хордами AB и BC равняется полусумме

$$\frac{\alpha}{2} + \frac{\beta}{2}.$$

Проводя нашу произвольную прямую aBb , мы делим этот угол на два слагаемых

$$\frac{\alpha}{2} + \frac{\beta}{2},$$

каждое из которых должно удовлетворять соотношению

$$\sin \frac{\alpha}{2} < \frac{S_1}{2R_{\min}}; \quad \sin \frac{\beta}{2} < \frac{S_2}{2R_{\min}},$$

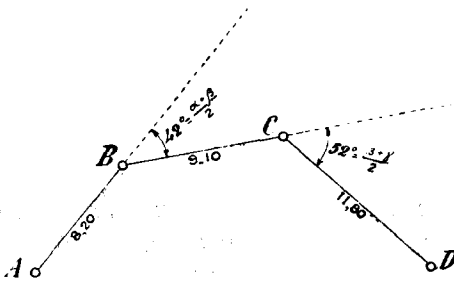
где R_{\min} — предельный наименьший радиус.

Условие постепенности изменения радиуса выражается аналитически зависимостью

$$R_1 \geq R_2 \geq R_3,$$

или

$$\frac{S_1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} > \frac{S_2}{2 \sin \frac{\beta}{2}} > \frac{S_3}{2 \sin \frac{\gamma}{2}}.$$



Фиг. 156.

Поясним эти соображения численным примером. Пусть (фиг. 156) длина хорд между точками A, B, C, D будет 8,20—9,10—11,8 м; последовательное значение внешних углов 42° и 52° . Пусть точка A представляет начало кривой, а точка D конец. Зададимся минимальным радиусом 10 м. Тогда для хорды BC имеем (фиг. 155 и 156):

$$\frac{S_2}{2R_2} = \frac{9,10}{2 \times 10} = 0,455 = \sin \frac{\beta}{2},$$

откуда находим

$$\frac{\beta}{2} = 27^\circ.$$

Вычитая эту величину из величин углов при точках B и C , получим (фиг. 156):

$$\frac{\alpha}{2} = 42^\circ - \frac{\beta}{2} = 42^\circ - 27^\circ = 15^\circ,$$

$$\frac{\gamma}{2} = 52^\circ - \frac{\beta}{2} = 52^\circ - 27^\circ = 25^\circ,$$

откуда

$$\sin \frac{\alpha}{2} = 0,26; \quad \sin \frac{\gamma}{2} = 0,42$$

или

$$R_1 = \frac{S_1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{8,20}{2 \times 0,26} = 15,8 \text{ м},$$

$$R_3 = \frac{S_3}{2 \sin \frac{\gamma}{2}} = \frac{11,8}{2 \times 0,42} = 14 \text{ м}.$$

Так как $R_1 > R_2$, $R_3 > R_2$, $R_2 = R_{\min} = 10$ м, то задача решена вполне удовлетворительно; в противном случае пришлось бы или изменять величину радиуса R_2 и угла $\frac{\beta}{2}$, или передвигать точки B и C . Все приведенные вычисления углов по синусам удобнее всего делать с помощью обратной стороны логарифмической линейки, или пользуясь следующей таблицей:

Таблица № 27

натуральных величин синуса для углов от 0° до 45° .

Угол в град.	$\sin \alpha$	Угол в град.	$\sin \alpha$	Угол в град.	$\sin \alpha$
0	0,000	15	0,259	30	0,500
1	0,017	16	0,276	31	0,515
2	0,035	17	0,292	32	0,530
3	0,052	18	0,309	33	0,545
4	0,070	19	0,326	34	0,559
5	0,087	20	0,342	35	0,574
6	0,105	21	0,358	36	0,588
7	0,122	22	0,375	37	0,602
8	0,139	23	0,391	38	0,616
9	0,156	24	0,407	39	0,629
10	0,174	25	0,423	40	0,643
11	0,191	26	0,438	41	0,656
12	0,208	27	0,454	42	0,669
13	0,225	28	0,470	43	0,682
14	0,242	29	0,485	44	0,695
				45	0,707

Разбивку в натуре проще всего делать с помощью приемов, описанных в задаче 1 § 64.

Изложенный способ дает возможность сравнительно простой разбивки кривой, проходящей через заданные точки; этим достигается возможность избежать необходимости проводить закругления непременно по дуге круга постоянного радиуса — предрассудок, не находящий себе оправдания не только в дорожном, но и в железнодорожном деле, и причиняющий иногда немало хлопот при трассировании линии в горной местности.

§ 66. Разбивка переходных кривых для виража. Движение автомобиля по закруглению, аналогично с движением луны вокруг земли, состоит из *поступательного* движения вдоль дороги и *вращательного* вокруг вертикальной оси (§ 58). Вращательное движение начинается в точке перехода с прямой на закругление; для того, чтобы это вращение происходило плавно и не сопровождалось толчками, надо, чтобы угловая скорость вращения $\frac{d\alpha}{dt}$ возрастала постепенно, начиная с нуля, другими словами, должно быть $\frac{d\alpha}{dt} = bt$. С другой стороны, если поступательное движение автомобиля происходит с постоянной скоростью V , то $\frac{ds}{dt} = V = \text{const.}$ Разделив второе равенство на первое, получим

$$\frac{ds}{d\alpha} = \frac{V}{bt} = \frac{V^2}{bS} \left(\text{так как } t = \frac{S}{V} \right).$$

Но $\frac{ds}{d\alpha}$ есть радиус кривизны ρ , а полученное нами уравнение $\rho = \frac{K}{S}$ (где $K = \frac{V^2}{b}$ постоянный коэффициент) есть уравнение спирали.

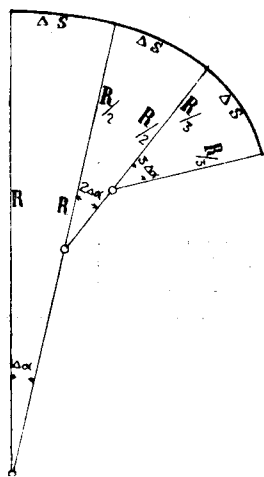
Для простоты разбивки можно непрерывную спираль заменить *сопряженными дугами круга*, имеющими одинаковые длины, но с центральными углами, возрастающими пропорционально полной длине дуги, как показывает фиг. 157 и следующая таблица:

№№ элементов	Длины элементарных дуг	Полная длина дуги, от начала кривой	Величина центрального угла для каждого элемента	Полная величина угла, считая от начала кривой	Радиусы кривизны
1	ΔS	ΔS	$\Delta \alpha$	$\Delta \alpha$	R
2	ΔS	$2 \Delta S$	$2 \Delta \alpha$	$3 \Delta \alpha$	$\frac{R}{2}$
3	ΔS	$3 \Delta S$	$3 \Delta \alpha$	$6 \Delta \alpha$	$\frac{R}{3}$
4	ΔS	$4 \Delta S$	$4 \Delta \alpha$	$10 \Delta \alpha$	$\frac{R}{4}$
...
n	ΔS	$n \Delta S$	$n \Delta \alpha$	$\frac{n(n+1)}{2} \Delta \alpha$	$\frac{R}{n}$

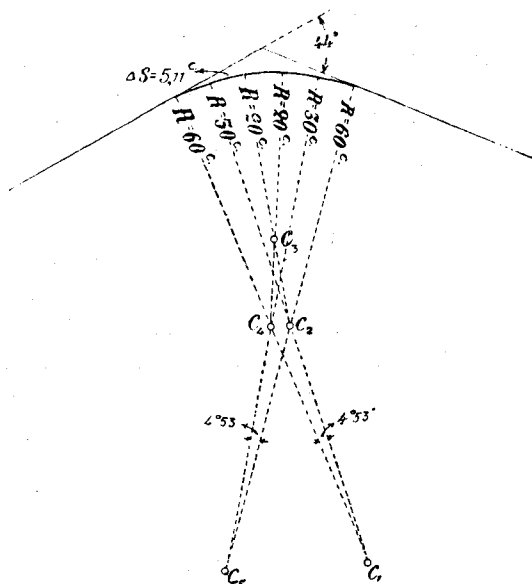
При выборе элементов переходного закругления — 1) величина наименьшего радиуса R_n (в середине закругления) должна быть не менее предельного R_{min} , 2) число элементов спирали n должно быть не менее 3 (лучше всего 3 или 5).

Исходя из этого и из общей величины центрального угла, можно определить все нужные для разбивки элементы. Пусть, например, требуется разбить закругле-

ние, с переходными кривыми, для угла поворота 44° , при наименьшей величине радиуса 20 м (фиг. 158). Зададимся числом элементов спирали, равным пяти. Тогда для этих пяти элементов можно составить приводимую ниже таблицу.



Фиг. 157. Переходная спираль из сопряженных дуг круга.



Фиг. 158. Спиральная кривая с переходом от радиуса 150 м к радиусу 50 м .

№№ элементов	Центральные углы	Величина радиуса
1	$\Delta \alpha$	$R = 150\text{ м}$
2	$2 \Delta \alpha$	$\frac{R}{2} = 75\text{ ''}$
3	$3 \Delta \alpha$	$\frac{R}{3} = 50\text{ ''}$
4	$2 \Delta \alpha$	$\frac{R}{2} = 75\text{ ''}$
5	$\Delta \alpha$	$R = 150\text{ ''}$

Сумма центральных углов $= 9 \Delta \alpha = 44^\circ$,

откуда

$$\Delta \alpha = \frac{44^\circ}{9} = 4,88^\circ = 4^\circ 53'.$$

Длина дуги, одинаковая для всех элементов, будет

$$b = \frac{R \Delta \alpha \pi}{180^\circ} = \frac{R \Delta \alpha}{57,3} = \frac{150 \times 4,88}{57,3} = 12,78\text{ м}.$$

Полная длина закругления будет $5 \times 12,78 = 63,9$ м, тогда как при радиусе 50 м и угле 44° , без переходных кривых эта длина была бы всего

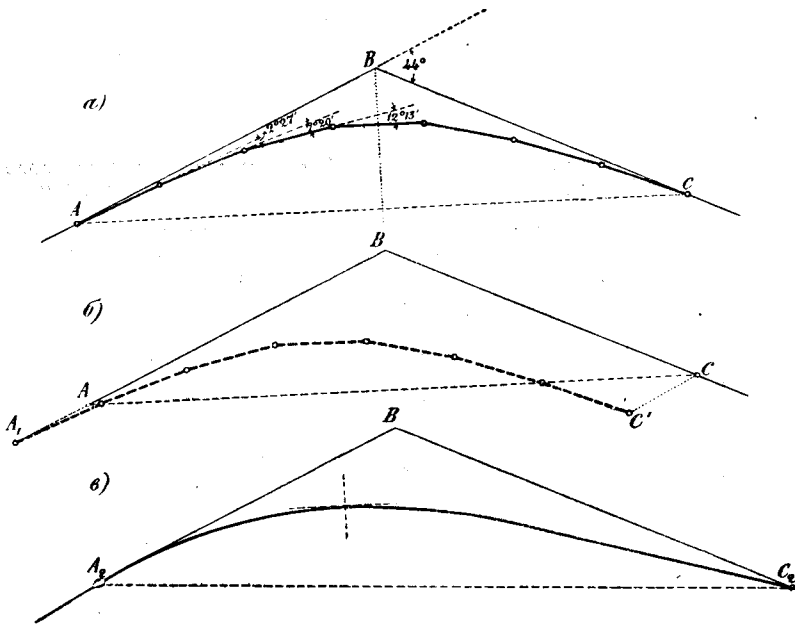
$$\frac{50 \times 44 \times \pi}{180} = 38,5 \text{ м,}$$

т. е. слишком в $1\frac{1}{2}$ раза меньше.

Разбивка переходной кривой на местности может быть сделана, заменяя элементарные дуги практически равными им хордами, длиной 12,78 м. Эти хорды должны образовать с касательной и между собой последовательные углы (фиг. 159-а), в данном случае, при $\Delta\alpha = 4^\circ 53'$,

Величина углов .	$\frac{\Delta\alpha}{2}$	$\frac{3\Delta\alpha}{2}$	$\frac{5\Delta\alpha}{2}$	$\frac{5\Delta\alpha}{2}$	$\frac{3\Delta\alpha}{2}$	$\frac{\Delta\alpha}{2}$
То же в градусах .	2°27'	7°20'	12°13'	12°13'	7°20'	2°27'

что, как легко убедиться, в точности дает в сумме заданный центральный угол в 44° .



Фиг. 159. Вписывание спиральной кривой в заданный угол.

Определив схему фиг. 159 а, легко сделать разбивку или при помощи вычисления замыкающей AC и соответствующей высоты BD , или сделать разбивку прямо на месте, начав построение ломаной от любой точки A_1 (фиг. 159 б) и переноса полученную конечную точку C в C' так, чтобы $AC = A'C'$.

В некоторых частных случаях, например, в тесно застроенной местности, может потребоваться несколько более сложное решение при посредстве *несимметричной*

спирали, т. е. разных переходных кривых на двух концах закругления. Возможность такого решения очевидна, если принять во внимание, что вместо рядов

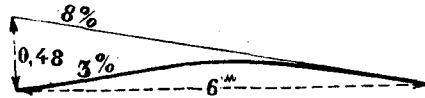
$$\Delta \alpha, 2 \Delta \alpha, 3 \Delta \alpha, \dots, R, \frac{R}{2}, \frac{R}{3} \dots$$

мы можем принять и другие числа, если придавать n дробное значение, напр.,

$$\Delta \alpha, 1,5 \Delta \alpha, 2 \Delta \alpha, 2,3 \Delta \alpha, \dots, R, \frac{R}{1,5}, \frac{R}{2}, \frac{R}{2,3}, \dots$$

или просто увеличить число элементов спирали, или, наконец, построить любым образом одну из ветвей по заданным точкам с возрастающей величиной радиуса (см. выше § 65). Во всех этих случаях самая разбивка на местности осложняется весьма немного, так как вместо равнобедренного треугольника ABC (фиг. 159 б) придется решать косоугольный A_2BC_2 (фиг. 159 в).

Так строится очертание переходной кривой в плане. Что касается поперечного наклона виража, то его величина в средней части кривой (с наименьшей величиной радиуса) зависит от скорости и была дана в таблицах № 22 и 23 на стр. 175 — 176. Эта величина наибольшего поперечного наклона применяется для средней части кривой, с наименьшим радиусом. Тогда для переходных кривых этот наклон будет уменьшаться посредством постепенного опускания наружного канта проезжей части. Пусть, напр. (фиг. 160), ширина проезжей части 6 м. Тогда поперечный наклон в 8‰ даст повышение наружного канта над внутренним $6 \times 0,08 = 0,48$ м. Если мы будем считать, что наклон этот достигается полностью при вступлении на среднюю часть кривой, а в начале закругления будет равен нулю, то все поднятие наружного канта на 48 см развивается постепенно на длине первого и второго элемента закругления, т. е. на длине $2 \times 12,78 = 25,56$.



Фиг. 160.

В среднем, продольный подъем наружного канта будет, следовательно, $\frac{0,48}{25,56} = 1,9\%$. Зная это, легко разбить всю поверхность виража. Если такой продольный отвод получается слишком крутым, надо увеличить длину виража, т. е. увеличить число элементов переходных кривых с 5 до 9, а длину отвода с 25 до 50 м.

По Врем. техн. усл. проект. шосс. дор.:

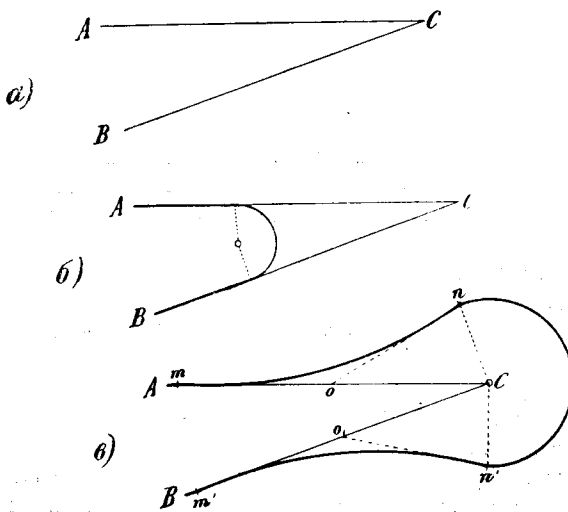
§ 23. На закруглениях, описанных радиусом менее 20 м, полотно устраивается односкатным с уклоном к центру кривой, во всех остальных случаях двускатным. Переход к односкатному профилю на кривой от двускатного делается постепенно.

§ 17. Два смежных закругления, описанные каждое радиусом менее 50 м и направленные в противоположные стороны, должны сопрягаться прямолинейной вставкой, длиной 20 м; в гористой местности, в исключительных случаях, длина вставки может быть уменьшена до 10 м.

В последнее время в Америке прямую вставку увеличивают до 35 м.

§ 67. Сerpантинны (дорожные извилины). При удлинении линии для уменьшения ее уклона (как показано на стр. 147, фиг. 119, направление ACB) иногда встречается надобность в устройстве закругления между

двумя направлениями, AC и CB (фиг. 161а), сходящимися под острым углом. Это закругление нельзя сделать *внутри* острого угла (фиг. 161б), вследствие недостатка места для закругления наименьшего радиуса. Кроме того, такое закругление *уменьшало* бы длину линии сравнительно с ломаной ACB , а уменьшение длины l было бы сопряжено с необходимостью увеличения подъема l , что, по существу, недопустимо. Поэтому такое сопряжение делается по схеме, представленной на фиг. 161в, т. е. устраивают закругление *снаружи* угла, принимая точку C (или близкую к ней другую точку) за центр дуги поворота. Дугу эту сопрягают при помощи обратных кривых mn и $m'n'$ с прямыми AC и CB . Все такое устройство поворотной петли носит название *серпантинны*.



Фиг. 161. Устройство закругления при вершине острого угла.

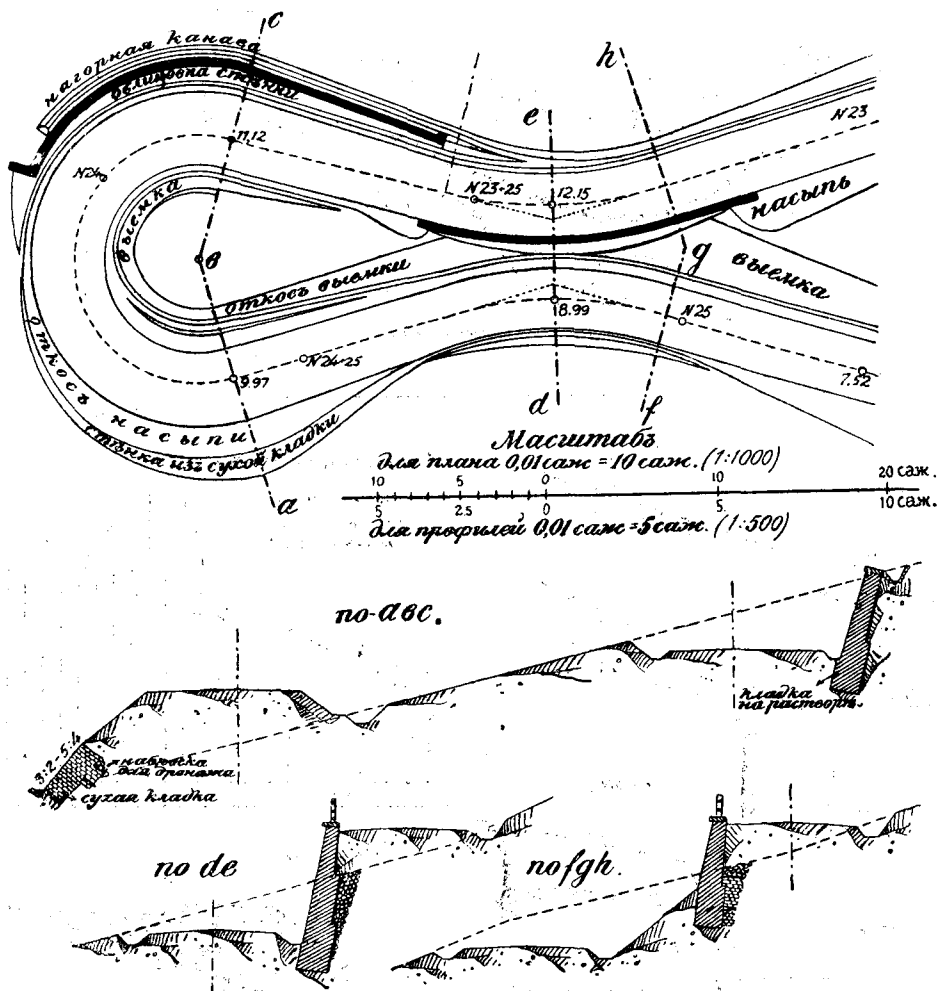
В § 16 Врем. техн. усл. проект шосс. дор. говорится: „При невозможности развить линию на крутом косягоре обычным способом, разрешается устройство дорожных извилин (*серпантин*)“.

Фиг. 64 а на стр. 89 представляет общий вид одной из таких серпантин на Ялта-бахчисарайском шоссе; на фиг. 162 и 163 представлены планы и поперечные профили подобного устройства. Вслед-

ствие того, что серпантины приходится чаще всего устраивать на местности с крутым косягором, для их осуществления неизбежно нужно прибегать к большим выемкам, насыпям и подпорным стенкам, как видно из фиг. 65, 162 и 163. Поэтому разбивка серпантины должна производиться очень подробно как при составлении проекта, так и на местности, перед постройкой.

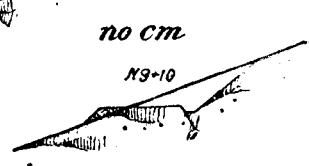
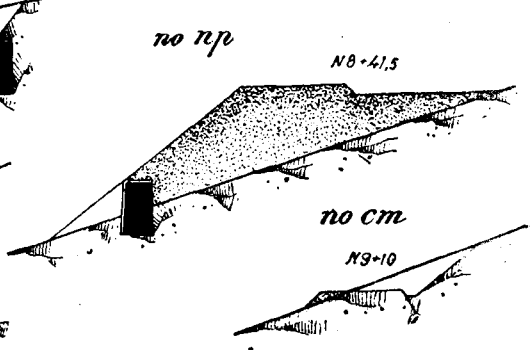
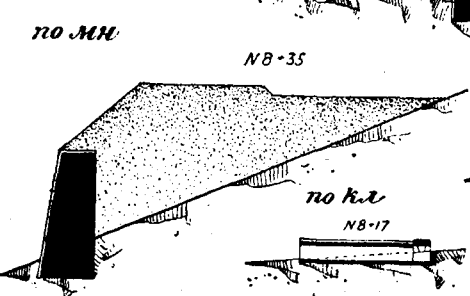
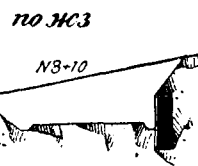
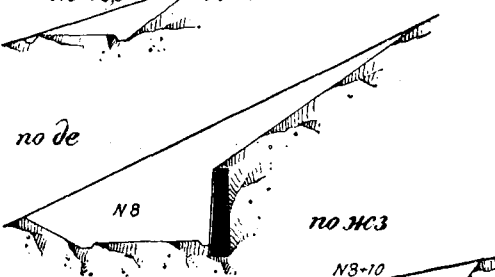
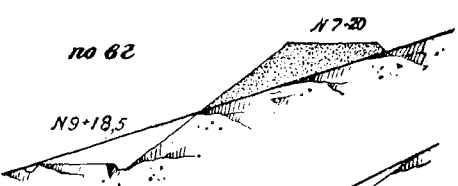
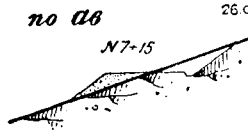
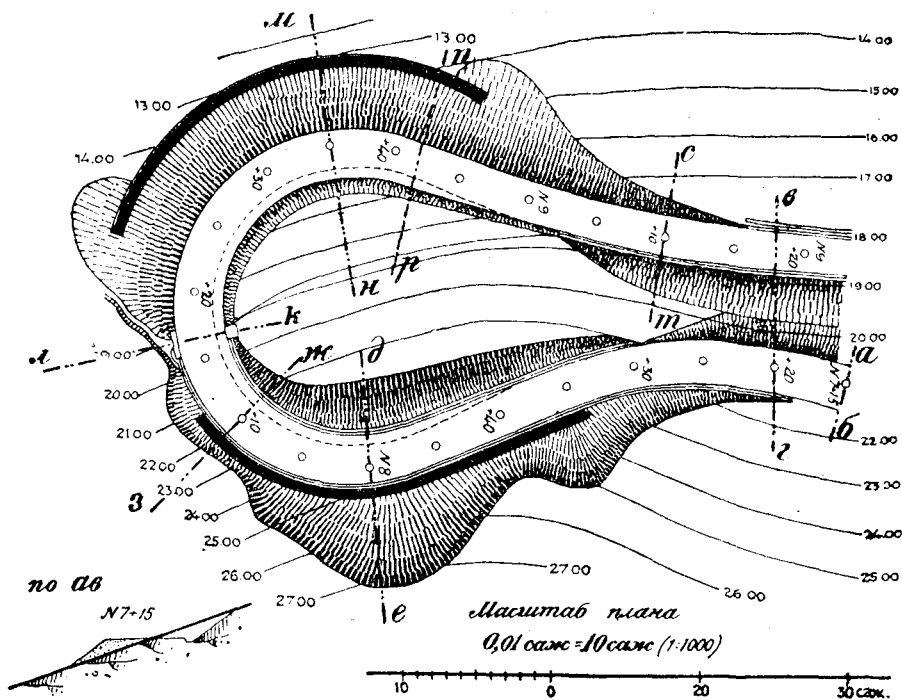
Соображения, изложенные выше, в § 65, о сопряжении дуг между собой, дают возможность решить в общем виде задачу о разбивке серпантины без всякого труда; мы остановимся здесь, поэтому, лишь на некоторых деталях устройства. Очертания серпантины должны соответствовать возможно малому, при данных условиях, количеству работ, и, в особенности, подпорных стенок. Поэтому детальная выработка трассы может быть сделана на основании совокупности плана, про-

дольного профиля и поперечных профилей (фиг. 162 и 163). Проектирование начинают с того (фиг. 164), что на сходящихся прямых AC и BC отыскивают такое место xy , на котором, при имеющемся расстоянии между осями верхней и нижней ветвей, только-только хватает места для устройства откоса между ними. На фиг. 163 (сечение $v - z$, № 7 + 20 —



Фиг. 162. План и поперечные профили серпантины.

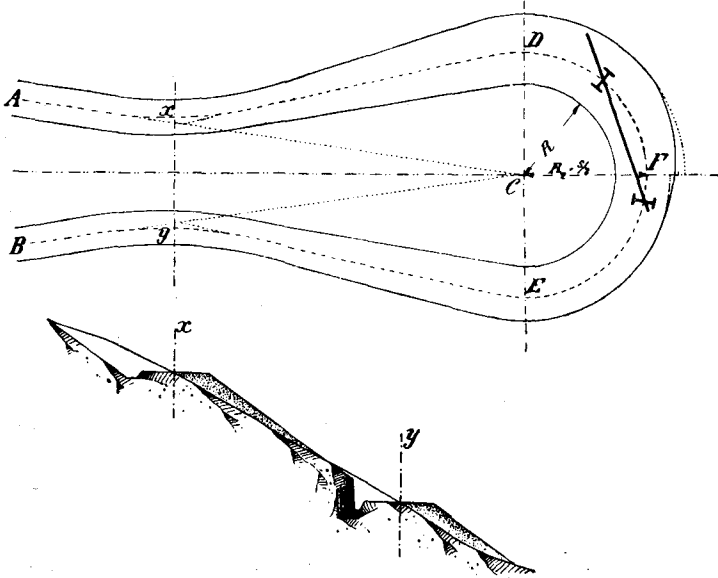
— 9 + 18,5) такое сопряжение сделано при помощи сплошного откоса; на фиг. 164 частью при помощи откоса, частью при помощи подпорной стенки; на фиг. 162 только при помощи подпорной стенки. После этого выбирают положение закругления DFE (фиг. 164). Центр этого закругления, как было сказано, может и не совпадать в точности с вер-



Фиг. 163. План, продольный профиль и поперечные профили серпантины.

шиной C угла ACB , равно как очертание его оси, DFE , может представлять собой или окружность одного радиуса, или сопряженные дуги (§ 65). Все эти вопросы решаются, в каждом частном случае, применительно к разысканию наименьшего объема подпорных стенок и земляных работ.

Каково бы ни было очертание закругления, наименьший его радиус, для движения по *внутренней стороне*, не должен быть ниже предельного; очертание *наружного* края кривой сообразуется с необходимой величиной уширения дороги для возможности провоза длинных бревен



Фиг. 164. Разбивка серпантины; уширение проезжей части сделано только в выемке, за счет отодвигания наружного канта.

(см. таблицу № 20 на стр. 172). Приэтом, как показано на схеме фиг. 164, в верхней части серпантины, расположенной в выемке, это уширение необходимо осуществлять полностью, а в нижней части закругления, расположенной на насыпи, или подпорной стенке, имеется достаточный простор для поворота свешивающегося конца бревна, почему уширение может быть меньшим. Далее остается сделать сопряжение разбитой нами петли с прямыми подходами дороги. Если центр петли в точности совпадает с точкой C пересечения прямых (фиг. 161 в), то задача эта решается просто, как показано на той же фигуре, проводя касательные on и $o'n'$ и откладывая $to = on$, $t'o' = o'n'$. Для того чтобы уложить между обратными кривыми прямые вставки для разгонки виражей, достаточно несколько уменьшить радиус кривых, вписываемых

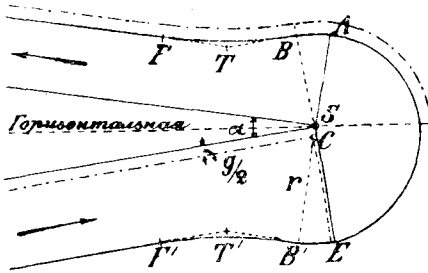
в углы top и $m'o'n'$; тогда на прямых on и $o'n'$ остается некоторый запас.

Если задание более сложно, — напр., центр петли не совпадает с точкой C , сама петля не представляет правильной окружности и пр., то разбивка перехода от петли к прямой целиком сводится к задачам, изложенным в § 65; но, имея в виду неодинаковую ширину полотна на петле и на прямых, следует сопрягать отдельно очертания оси и очертания бровок, как показано на фиг. 164.

Из фиг. 161 видно, что первоначальное протяжение прямых AC и BC до точки пересечения C приблизительно равно длинам Amn и $Bm'n'$ до начала петли. Поэтому, если прямые AC и BC были намечены с предельным подъемом, то участок на окружности $n-n'$ может быть сделан горизонтальным. Однако, этому участку поворотной петли обычно также придают небольшой продольный подъем, около $2-2\frac{1}{2}\%$, и, таким

образом, является возможность распространить смягчение подъема также на подходные кривые top и $m'o'n'$.

В местности с очень крутым косогором и при отсутствии автомобильного движения, в видах экономии строительных расходов на подпорные стенки и выемки, очертание серпантинной иногда упрощают, придавая ему вид показанный на фиг. 165, т.-е. не делая сопряжения внутренних кантов дороги, а оставляя их в виде прямых, пересекающихся под острым углом. При этом, однако, полотно самой петли должно



Фиг. 165. Упрощенная серпантина для небольшого конного движения.

получить достаточное уширение, так что радиус $r = AS = SE$ должен быть не менее 8 м; сопряжение с нормальной шириной полотна на прямой (обычно, в этом случае 5—5,5 м) должно быть разогнано на достаточной длине, не менее 20 м. На фиг. 165 пунктирные линии представляют оси нагорных кюветов. Из чертежа видно, что положение центра S определяется пересечением бровки полотна верхней ветви с наружным краем кювета нижней, показанной сплошным; $\frac{g}{2}$ обозначает половину ширины кювета, стрелки обозначают направление подъема. При таком пересечении осей дороги под острым углом возникает вопрос о возможной величине угла между ними α при вершине. Наименьшая величина этого угла определяется требованием о предельной крутизне откосов земляного полотна между обеими ветвями. Обозначим через α угол между направлениями сходящихся ветвей (фиг. 165), через $\text{tg } \sigma = i$ предельный подъем дороги (например, $\text{tg } \sigma = i = 0,05$), а через $\text{cotg } \beta = m$, коэффициент откоса (при полуторных откосах $\text{cotg } \beta = m = 1\frac{1}{2}$). Тогда, по известной формуле сферического прямоугольного треугольника,

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \text{tg } \sigma \text{ cotg } \beta$$

или, если в виду малости угла α , положить

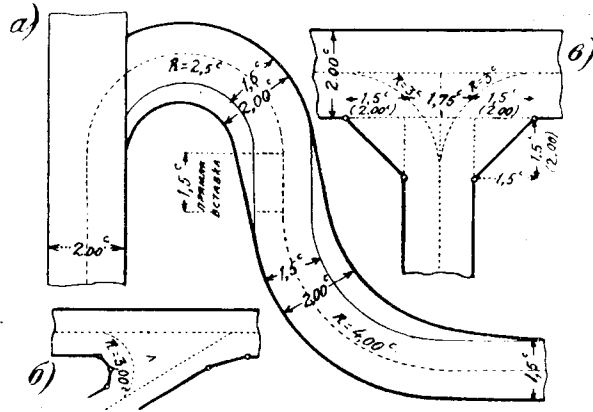
$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha^\circ}{2 \times 57,3'}$$

то, при вышеприведенных численных величинах подъема $i=0,05$ и откоса $m=1\frac{1}{2}$, получим

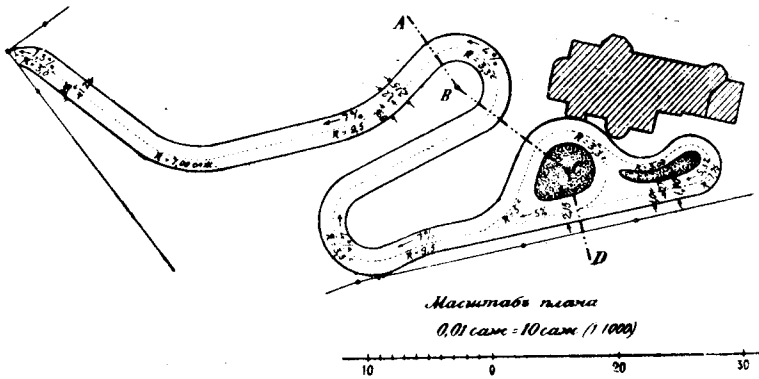
$$\alpha = 57,3 \times 2 \times 1,5 \times 0,05 = 8^{\circ} 36'.$$

Такова наименьшая возможная величина угла между сходящимися прямыми, для того чтобы откос был полукторным.

На фиг. 166 показаны очертания проезжей части в случаях примыкания дорог с поворотами малых радиусов. Фиг. 166а представляет особо трудный случай примыкания — главная дорога шириной 4,5 м идет со спуском 7‰, от нее ответвляется полевая дорога, шириной 3 м, с уклоном 9‰. Ответвление сделано в виде серпантины радиусом всего 5 м; дорога оказалась вполне проезжей для пароконных повозок; для пропуска тяжелых повозок, запряженных четверкой, прямая вставка удлинена, и полотно на ней уширено до 4,5 м, как показано на чертеже. Уклоны на кривых взяты в 5‰; на прямой вставке допущено 10‰.



Фиг. 166.

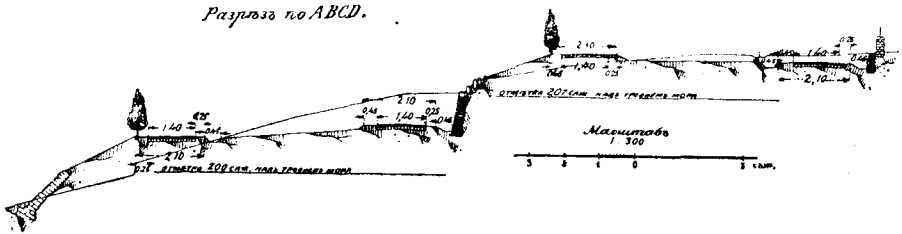


Фиг. 167. Подъезд к зданию в горной местности.

На фиг. 166б и 166в представлено уширение проезжей части для примыкания дорог. Фиг. 167 и 168 представляют устройство подъезда к зданию, расположенному на горе. Подъезд трассирован с 7‰ подъемом; на нем применено четыре серпантины — две на спуске и две перед зданием, из которых первая служит для поворота подъезжающих экипажей, а вторая для стоянки ожидающих. Главные серпантины описаны радиусом 7 м. Несмотря на такую малую величину радиуса, дорога оказалась проходимой для больших повозок, запряженных четверкой, и для средней величины парового катка с расстоянием между осями

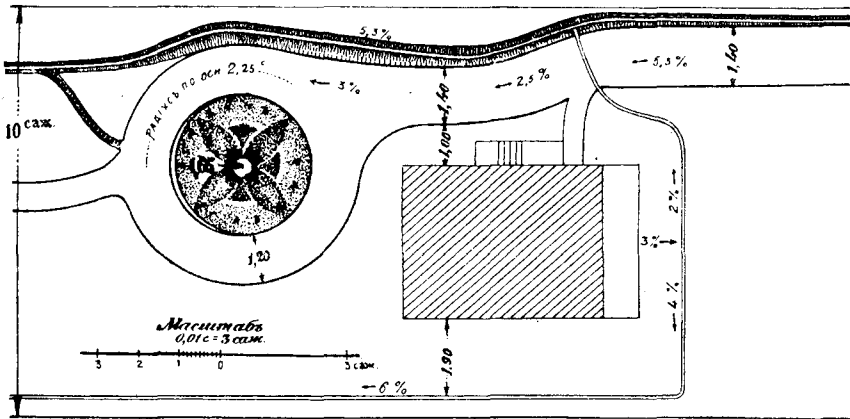
*

барабанов около 3 м; не смогла пройти только очень длинная мебельная фура, с исключительно большим расстоянием между осями. Как видно из разреза на фиг. 168, ширина проезжей части 3 м; ширина полотна 4,5 м; на серпантинах обочины уширены до общей ширины полотна 5,75 м. Радиус последней серпантины (для стоянки экипажей) принят всего в 3,75 м, что не составило, однако, затруднений для оборота легковых экипажей.



Фиг. 168. Поперечный разрез по линии ABCD к плану фиг. 167.

На фиг. 169 представлена поворотная петля около дома, расположенного в глубине очень узкой усадьбы (ширина участка всего 20 м). Для того, чтобы повозка, подвозящая к дому дрова, имела возможность повернуть обратно, устроена петля, описанная радиусом по внутреннему краю дороги 3,5 м, а по наружному 6 м, при ширине полотна всего 2,5 м. Кольцо это, хотя покрыто гравием на всей ширине, но для проезда выпалывается от травы только средняя полоска, шириной всего 1,5 м.

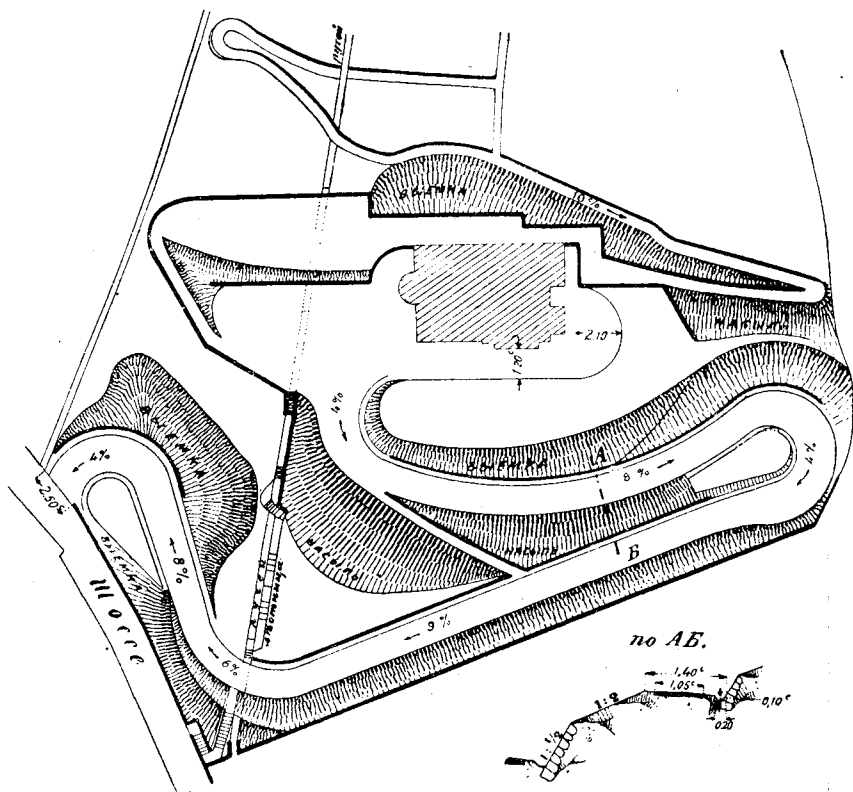


Фиг. 169. Поворотная петля около здания.

На фиг. 170 представлен подъезд к зданию, расположенному на крутом косогоре, на 15 м выше дороги. Подъезд весь построен на насыпях, сделанных из земли, снятой при планировке площадки для дома. Въезд осуществлен при помощи двух серпантин, радиусами всего 5 м при ширине полотна на закруглении 4 м. Продольный подъем въезда не превосходит 9‰, на серпантинах он смягчен до 4‰, на закруглении радиусом 8 м, в нижнем углу усадьбы подъем смягчен до 6‰. Подъезд к самому зданию осуществлен в виде третьей серпантины, и проходя мимо фасада, оканчивается полукруглой площадкой с правой

стороны дома, у черного крыльца. Однако, повернуть повозку на этой площадке нельзя; ее приходится осаживать назад, до более широкого дворика с левой стороны, откуда и можно начать обратный спуск, уже передним ходом; несмотря на такие особенности, дорога оказалась проезжей как для повозок четверкой, так и даже для автомобиля. Ширина полотна всего 3 м (на закруглении, как было упомянуто, 4 м), проезжая часть шоссирована только на полосе около 2 м.

Нагорный кювет имеет ширину поверху 0,4 м, глубину 0,2 м. Подпорные стенки имеют лицевую поверхность с уклоном $1:1\frac{1}{2}$, земляные откосы насыпи

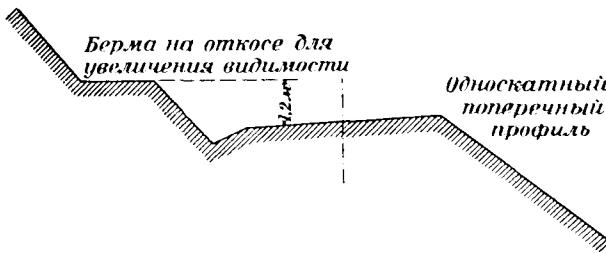


Фиг. 170. Сerpантины для подъезда к зданию на горе (толстые линии обозначают подпорные стены).

сделаны *двойными*, так как на полуторных плохо держался газон и, вообще, они быстро вытаптывались. Эти двойные откосы значительно увеличили количество подпорных стенок, показанных на плане толстой линией. Пешеходное сообщение осуществлено при помощи лестницы, поднимающейся прямо вдоль ручья от калитки в нижнем углу усадьбы; в обход лестницы имеется наклонная дорожка, спускающаяся вдоль откоса от третьей серпантины. В верхней части усадьбы проложена горная пешеходная тропа, с уклоном 10%.

Приведенные примеры показывают, что в трудной горной местности и при малой интенсивности проезда, надо отказываться от шаблонных норм и искать экономичного решения, наилучшим образом отвечающего топографии местности и заданным, чисто местным, потребностям движения.

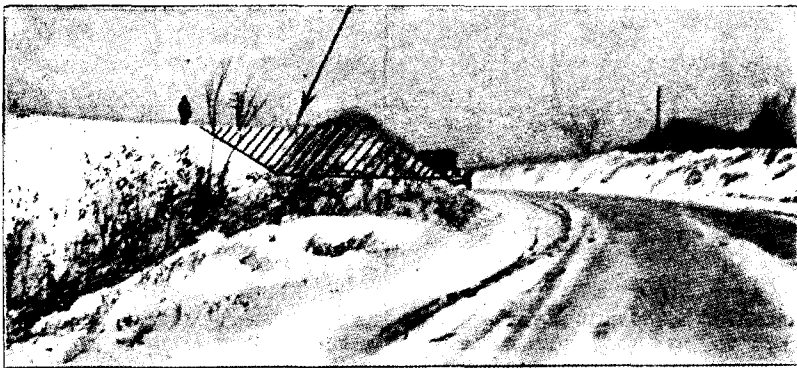
§ 68. Обеспечение видимости на закруглениях. При современных скоростях автомобильного движения, превосходящих 30—40 км в час, возникает опасность столкновения встречных автомобилей или наезда на людей и повозки. Мерой предупреждения является достаточная *видимость пути впереди автомобиля*, дающая возможность во



время остановить машину. Хотя при скорости 25 км в час возможно при благоприятных условиях затормозить машину на длине 15 м, а при скорости 60 км в час на длине 60 м (см. § 36), тем не менее, в случае

Фиг. 171. Срезка бермы на откосе выемки для обеспечения видимости на закруглении.

неожиданного появления из-за поворота встречного автомобиля, обстоятельства остановки гораздо труднее, нежели при движении одного автомобиля за другим. В самом деле, здесь приходится считаться с так наз. психологической реакцией шофера. Если торможение начнется только на 2 секунды позднее появления встречных автомобилей в поле зрения, то



Фиг. 172. Срезка бермы для обеспечения видимости (стрелкой указана предполагаемая срезка откоса).

за эти 2 секунды расстояние между автомобилями, идущими со скоростями 35 км в час или 10 м в сек., успевает сократиться на 40 м. Поэтому наименьшее расстояние, на котором должна быть обеспечена видимость впереди, следует брать не менее 100 м.

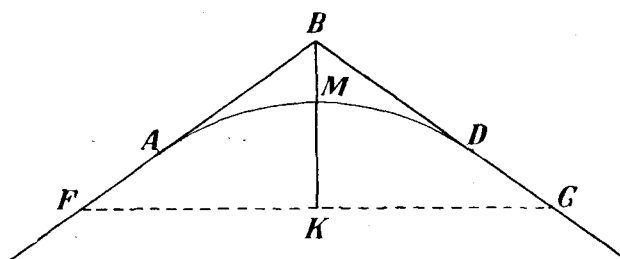
На закруглениях, такой видимости с внутренней стороны закругления могут мешать откос выемки, древесные насаждения, постройки. Для

обеспечения видимости срезают откос выемки (фиг. 171 и 172) с устройством бермы на высоте луча зрения 1,2—1,5 м, расчищают лес (фиг. 173)



Фиг. 173. Расчистка леса для обеспечения видимости.

и т. д. Практически приходится решать задачу, на какую ширину срезать такую берму или вырубать лес.



Фиг. 174. Определить величины срезка откоса для обеспечения видимости.

В общем виде эта задача может быть решена приблизительно (фиг. 174). Выберем на продолжении касательных две точки F и G так, чтобы расстояние между ними по прямой $FG = 100 \text{ м} = s =$ необходимому расстоянию видимости. Тогда действительная длина пути $FAMDG$

будет, очевидно, несколько более 100 м, что увеличит безопасность. Для обеспечения видимости по прямой необходимо открыть вид на ширину BK от вершины угла или MK от дороги на середине закругления. При этом

$$BK = FK \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{s}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$MK = BK - BM = \frac{s}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4},$$

где s — расстояние видимости, а BM длина биссектрисы (§ 61).

Обе эти величины легко определить по таблицам разбивки закруглений № 24, стр. 179, где даны длины касательных $10 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ и длины биссектрис $10 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4}$.

Пусть, напр., угол $\alpha = 28^\circ$, радиус закругления $R = 40$ м, желательно обеспечить видимость на расстоянии $s = 100$ м. Тогда находим в таблице для 28° для $R = 10$.

Длина касательной 2,49 или округленно 2,5.
Биссектриса 0,306 " " 0,3.

Отсюда

$$MK = \frac{100 \times 2,5}{2 \times 10} - 0,3 \times \frac{40}{10} = 12,5 - 1,2 = 11,3 \text{ м.}$$

Зная нормальный поперечный профиль выемки и заложение откоса, легко определить ширину бермы. Пусть, например,

Половина ширины полотна	$\frac{8,5}{2} = 4,25$ м.
Ширина кювета поверху	2,90
Заложение откоса на высоте 1,2 м	1,80
Всего от оси пути до нормального откоса	8,95

Необходимая ширина бермы $11,3 - 8,95 = 2,35$ м.

Такая наибольшая берма должна быть против вершины угла, она будет постепенно сходить на-нет по мере приближения к точкам F и G .

Для грубого подсчета можно принять, что необходимое уширение 11,3 распределяется на 50 м. В таком случае ширина бермы будет = 0 на расстоянии $\frac{2,35}{11,3} \cdot 50 = 10$ м к каждую сторону от середины кривой, т. е. в данном примере эти точки приблизительно совпадут с тангенсами, т. е. с началом и концом закругления.

Геометрическая задача об определении величины бермы допускает, конечно, более точное решение в общем виде. Однако, принятый нами приближенный метод практически вполне достаточен, так как:

1) основная величина расстояния видимости принята равной 100 м более или менее условно;

2) в действительности приходится вводить поправки как, напр., на продольные уклоны пути и их переломы, изменяющие положение луча зрения, и т. д.

Поэтому при выполнении срезки бермы или расчистки просеки необходимо все равно проверить в натуре действительную видимость, а расчетами пользоваться только для ориентировки в предварительной разбивке.

Задачи.

13. Определить по таблице № 24 величины тангенсов и биссектрисы для кривой радиуса 30 м, при угле поворота 18° .

14. Вершина угла $24^\circ 30'$ находится на пикете 235 + 20; радиус = 40 м; определить положение начала и конца кривой в предположении, что пикеты разбиваются по длине кривой.

15. Угол $20^\circ 10'$; середина кривой должна быть не далее 4,5 м от вершины, выбрать радиус и разбить три основных точки кривой.

16. Определить, насколько сокращается длина линии, если зигзаг ACB (фиг. 161-6), с углом в вершине $C = 18^\circ$, сопрягается закруглением радиусом 20 м.

17. Угол в точке $A = 25^\circ 20'$, угол в обратную сторону в точке $B = 37^\circ 10'$, расстояние $AB = 35,8$ м. Выбрать радиусы кривых так, чтобы длина прямой вставки между обратными кривыми была не менее 10 м.

18. Разбить по ординатам, через 2 м, кривые предыдущей задачи.

19. При разбивке кривой без таблиц (фиг. 145) выбрана длина касательной $AB = 15$ м. Длина хорды, по промеру, оказалась 30 м. Полная величина стрелки $BH = 5,2$ м. Определить величину радиуса, биссектрисы и угла при вершине.

20. Составить разбивку кривой по фиг. 148 для полного угла поворота $4\omega = 20^\circ$ и радиуса $R = 10$ м.

21. Провести кривую через точки A, B, C, D, E , при величине расстояний между ним $AB = 12,5$ м, $BC = 17$ м, $CD = 16$ м, $DE = 32,4$ м и величинам углов при вершинах $B = 18^\circ$, $C = 33^\circ$, $D = 45^\circ$, и наименьшей допустимой величине радиуса 20 м.

22. Разбить переходные кривые и вираж для поворота 90° и радиуса 35 м; проверить величину продольного подъема наружного канта.

23. Объяснить необходимость устройства прямой вставки и вычислить, применительно к предыдущей задаче, наименьшую величину вставки между обратными кривыми, радиусом 50 м.

24. Составить разбивку оси, наружного и внутреннего канта серпантин, для угла при вершине 15° и наименьшей величины радиуса по оси = 20 м; составить поперечные профили, в предположениях однородного поперечного ската местности (нормального к биссектрисе основного угла 15°), с уклоном 1:4.

25. Определить наименьшую возможную величину угла для сходящихся на косогоре прямых, при наименьшем допустимом заложении откоса полотна 1:2 и предельном подъеме дороги 6%.

26. Определить величину центробежной силы для автомобиля весом 1,2 т при скорости 30 км в час на кривой радиусом 100 м, величину необходимого поперечного наклона и длину отвода при продольном уклоне наружного канта 0,01.

27. Определить величину бермы для обеспечения видимости в выемке с поперечным профилем по типу фиг. 95-а, при одиночном откосе, радиус закругления $R = 50$ м и центральном угле $\alpha = 40^\circ$.

28. Определить необходимую ширину просеки, считая от оси проезжей части при закруглении радиусом 30 м и центральном угле 80°.

Литература к главе VI. См. указания в конце глав IV и V. Разбивка кривых см. *Важеевский*, Полевые таблицы для железных дорог. Транспечать 1925 г. Интересный случай разобран в статье *В. Турова* — Движение запряжки из шести лошадей по дорогам, в журнале „Война и техника“, № 3 за 1927 г. Проход автомобилей по закруглениям, см. проф. *В. Ю. Гиттис* и *Н. В. Иконен*, Теория и эксплуатация автомобилей, Москва, 1925, стр. 126 и 140 — 142.

Общая литература по дорожному делу. 1) *Д. П. Крынин*, Курс дорожного дела, Госиздат 1926, подробное руководство. 2) *Н. Н. Давыденков*, Дорожное дело. Транспечать, 1925, сжатое изложение современного состояния техники дор. дела. 3) *А. Нефедьев* и *А. Полещук*, Руководство по дорожному делу, изд. НКВД, 1926, популярная брошюра практического характера для младшего техн. персонала. 4) *П. Т. Михайлов*, Краткая энциклопедия сухопутных сообщений, изд. „Путь“ 1924, сжатое сопоставление железных, шоссейных и грунтовых дорог. 5) Временное наставление по военнородожному делу РККА, изд. Высш. Воен. Ред. Сов. 1924. Из довоенных руководств — 6) *М. А. Ляхницкий*, Обыкновенные дороги, СПб, 1905, 7) *Г. В. Розен*, Руководство по устройству и содержанию земских дорог, Петроград, 1916.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	СТР.
Глава I. Местный транспорт и дороги.	5
Значение транспорта в народном хозяйстве (5). Местный транспорт (6). Измерители работы перевозок (8). Стоимость перевозок (11). Общие принципы экономики транспорта (11). Особенности местного транспорта (12). Новые перспективы местного транспорта (13).	
Глава II. Виды дорог.	16
Подразделение дорог (16). <i>Разделение дорог по характеру движения:</i> Дороги местных сообщений (16). Подъездные пути (19). Полевые дороги (21). Лесные дороги (23). Магистральные дороги (26). Пионерные дороги (30). Стратегические дороги (32). Автомобильные сверхмагистралы (35). <i>Разделение дорог по способу заведывания:</i> Дороги государственного и местного значения (38). <i>Разделение дорог по роду одежды:</i> Грунтовые дороги (39). Мостовые (44). Шоссе (47). Переход от одного типа к другому (50).	
Глава III. Развитие дорожного дела.	52
Протяжение дорог в СССР и за границей (52). Состояние дорог в различных районах СССР. Север Европейской части СССР (53). Центральные районы и Украина (55). Сибирь, Кавказ и Туркестан (57). Значение хороших дорог (59). Краткий очерк развития дорожного дела за границей (66). Краткий очерк развития дорожного дела в СССР (79).	
Глава IV. Составные части дорожного полотна. Ширина проезжей части.	100
Земляное полотно (100). Проезжая часть (102). Выпуклость проезжей части (105). Обочины (108). Трамвайные пути (111). Ширина проезжей части (113). Ширина проезжей части с точки зрения удобства и безопасности движения (115). Ширина дорог и пропускная способность (117). Ширина проезжей части с точки зрения распределения движения и износа дорожной одежды (119). Фактическая ширина проезжей части на различных дорогах (122). Ширина земляного полотна по верху (134). Полная ширина полосы отвода земли под дороги (134).	
Глава V. Продольный профиль. Подъемы.	138
Ось дороги и продольный профиль (138). Подъемы (138). Изображение продольного профиля (139). Проектирование продольного профиля (141). Наибольший подъем (144). Соппротивление движению	

экипажей по дорогам (151). Сила тяги лошади (152). Величина нагрузки на подводу при конной тяге (153). Выбор наибольшего подъема с точки зрения конной тяги (156). Мощность и сила тяги автомобилей и тракторов (157). Величина подъемов с точки зрения автомобильной и тракторной тяги (158). Нормы для предельных подъемов, принятые в различных странах (160). Общее заключение о выборе подъема (162). Наименьший уклон (163). Переломы уклонов (163).

Глава VI. Устройство закруглений..... 167

Значение закруглений в трассе дороги (167). Радиусы закруглений (167). Дополнительная работа на кривых и смягчение подъемов (170). Уширение дороги (171). Центробежная сила, применение односкатного профиля, виражи (174). Разбивка кривых (177). Таблицы для разбивки закруглений (178). Разбивка кривых по ординатам (192). Разбивка закруглений без таблиц (193). Разбивка кривой, проходящей через несколько заданных точек (195). Разбивка переходных кривых для виража (202). Серпантины (дорожные извилины) (205). Обеспечение видимости на закруглениях (214).

153